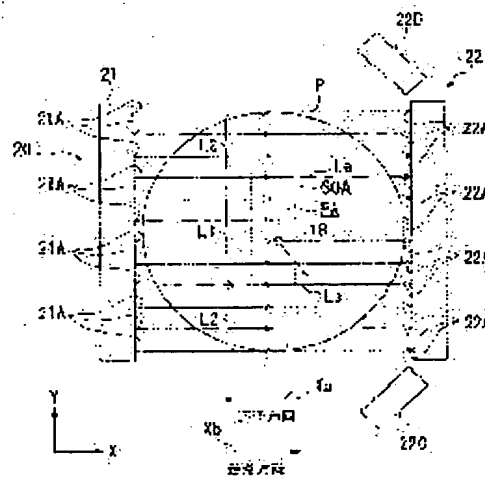


(11)Publication number : 2004-207696  
(43)Date of publication of application : 22.07.2004

(21)Application number : **2003-393858** (71)Applicant : **NIKON CORP**  
(22)Date of filing : **25.11.2003** (72)Inventor : **MIZUTANI HIDEO**  
**UMAGOME NOBUTAKA**

Priority number : 2002357960      Priority date : 10.12.2002      Priority country : JP

**SOLUTION:** The aligner for filling at least a part of the projecting optical system and the substrate P with liquid and exposing the substrate P by projecting a pattern image to the surface of the substrate P by the projecting optical system and the liquid is provided with a bubble detector 20 for detecting bubbles in the liquid filled between the projecting optical system and the substrate P.



## 7/26/2006

\* NOTICES \*

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

In the aligner which exposes said substrate by filling at least the part between a projection optical system and a substrate with a liquid, and projecting the image of a pattern on a substrate through said projection optical system and said liquid,

The aligner characterized by having the cellular detector which detects the air bubbles in the liquid between said projection optical systems and said substrates.

[Claim 2]

Said cellular detector is an aligner according to claim 1 characterized by detecting said air bubbles optically.

[Claim 3]

Said cellular detector is an aligner according to claim 2 characterized by having the projection system which projects light on said liquid, and the light-receiving system which receives the light from said liquid.

[Claim 4]

Scan exposure is carried out while said substrate moves to a predetermined scanning direction,

Said projection system is an aligner according to claim 3 characterized by projecting light from the location left to said scanning direction to the optical axis of said projection optical system.

[Claim 5]

It has the feeder which supplies said liquid,

Said liquid is an aligner according to claim 4 characterized by flowing between said projection optical systems and said substrates to said scanning direction and parallel during said scan exposure.

[Claim 6]

Said cellular detector is the aligner of claim 3-5 characterized by detecting the amount of said air bubbles given in any 1 term based on the luminous intensity detected by said light-receiving system.

[Claim 7]

The aligner of claim 1-6 characterized by judging whether exposure of said substrate was performed appropriately based on the detection result of said cellular detector given in any 1 term.

[Claim 8]

The air bubbles by said cellular detector are detected during each exposure of two or more shot fields on said substrate,

The aligner according to claim 7 characterized by memorizing the shot field where image formation of the image of said pattern was not appropriately performed with said air bubbles based on this detection result.

[Claim 9]

In the aligner which exposes said substrate by filling at least the part between a projection optical system and a substrate with a liquid, and projecting the image of a pattern on a substrate through said projection optical system and said liquid,

The aligner characterized by having \*\*\*\* detection equipment which detects that some [ at least ] liquids between said projection optical systems and said substrates go out.

[Claim 10]

Said \*\*\*\* detection equipment is an aligner according to claim 9 characterized by detecting optically that the liquid between said projection optical systems and said substrates goes out.

[Claim 11]

Said \*\*\*\* detection equipment is an aligner according to claim 10 characterized by having the projection system which projects light on said liquid, and the light-receiving system which receives the light from said

liquid.

[Claim 12]

Said \*\*\*\* detection equipment is an aligner according to claim 11 characterized by detecting that said liquid goes out by the non-incidence to said light-receiving system of the light from said liquid.

[Claim 13]

In the aligner which irradiates exposure light through a projection optical system and a liquid at a substrate, and exposes said substrate,

The aligner characterized by having the gas detection system which detects the existence of the gas part in the optical path of said exposure light.

[Claim 14]

Said gas detection system is an aligner according to claim 13 characterized by detecting the air bubbles in the optical path of said exposure light.

[Claim 15]

Said gas detection system is an aligner according to claim 13 or 14 characterized by detecting whether the optical path of said exposure light is filled with the liquid.

[Claim 16]

The aligner of claim 13-15 characterized by judging the propriety of exposure initiation of said substrate based on the output of said gas detection system given in any 1 term.

[Claim 17]

Said gas detection system is the aligner of claim 13-16 characterized by detecting the existence of the gas in the optical path of said exposure light during exposure of said substrate given in any 1 term.

[Claim 18]

Said gas detection system is the aligner of claim 13-17 characterized by detecting said gas part optically given in any 1 term.

[Claim 19]

Said gas detection system is an aligner according to claim 18 characterized by having the field location detection function to detect the field location of said substrate by receiving the reflected light, while projecting detection light on said substrate through the liquid on said substrate.

[Claim 20]

In the aligner which irradiates exposure light through a projection optical system and a liquid at a substrate, and exposes said substrate,

While projecting detection light on said substrate through the liquid on said substrate, the detection light reflected on said substrate is received, and it has the field location detection system which detects the field location of said substrate,

The aligner characterized by being based on the output of said field location detection system, and detecting the existence of the gas part in the optical path of said detection light.

[Claim 21]

Said detection light is an aligner according to claim 20 characterized by passing the optical path of said exposure light.

[Claim 22]

The aligner according to claim 20 or 21 characterized by detecting the air bubbles in the optical path of said detection light based on the output of said field location detection system.

[Claim 23]

The aligner of claim 20-22 characterized by judging the propriety of exposure initiation of said substrate based on the output of said field location detection system given in any 1 term.

[Claim 24]

The aligner of claim 20-23 characterized by detecting the existence of the gas in the optical path of said detection light during exposure of said substrate based on the output of said field location detection system given in any 1 term.

[Claim 25]

Said field location detection system is the aligner of claim 20-24 characterized by projecting two or more detection light on said substrate given in any 1 term.

[Claim 26]

Said field location detection system is the aligner of claim 20-25 characterized by projecting said detection light on said substrate through some optical members of said projection optical system given in any 1 term.

[Claim 27]

The device manufacture approach characterized by using the aligner of claim 1 - claim 26 given in any 1 term.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the aligner which exposes a pattern to a substrate through a projection optical system where at least the part between a projection optical system and a substrate is filled with a liquid, and the device manufacture approach using this aligner.

[Background of the Invention]

[0002]

A semiconductor device and a liquid crystal display device are manufactured by the technique of the so-called photolithography which imprints the pattern formed on the mask on a photosensitive substrate. The aligner used at this photolithography process has the mask stage which supports a mask, and the substrate stage which supports a substrate, and it imprints the pattern of a mask to a substrate through a projection optical system, moving serially on a mask stage and a substrate stage. Since it corresponds to much more high integration of a device pattern in recent years, the further high resolution-ization of a projection optical system is desired. The resolution of a projection optical system becomes so high that the numerical aperture of a projection optical system is so large that the exposure wavelength to be used becomes short. Therefore, exposure wavelength used with an aligner is short-wavelength-ized every year, and the numerical aperture of a projection optical system is also increasing. And although the exposure wavelength of the current mainstream is 248nm of KrF excimer laser, no less than 193nm of the ArF excimer laser of short wavelength is being put further in practical use. Moreover, in case it exposes, the depth of focus (DOF) as well as resolution becomes important. Resolution R and the depth of focus delta are expressed with the following formulas, respectively.

$R = k_1 \text{ and } \lambda / NA \text{ -- (1)}$

$\Delta = k_2 \text{ and } \lambda / NA^2 \text{ -- (2)}$

Here, the numerical aperture of a projection optical system, and  $k_1$  and  $k_2$  is [  $\lambda$  of exposure wavelength and NA ] process multipliers. (1) In order to raise resolution R, when exposure wavelength  $\lambda$  is shortened and numerical aperture NA is enlarged from a formula and (2) types, it turns out that the depth of focus delta becomes narrow.

[0003]

When the depth of focus delta becomes narrow too much, it becomes difficult to make a substrate front face agree to the image surface of a projection optical system, and there is a possibility that the margins at the time of exposure actuation may run short. Then, the immersion method which considers as the approach of shortening exposure wavelength substantially and making the depth of focus large, for example, is indicated by the following patent reference 1 is proposed. This immersion method expands the depth of focus by about n times while it improves resolution using filling between the underside of a projection optical system, and substrate front faces with liquids, such as water and an organic solvent, and the wavelength of the exposure light in the inside of a liquid being set to  $1/n$  in air (n being usually 1.2 to about 1.6 at the refractive index of a liquid).

[Patent reference 1] International disclosure/[ 99th ] No. 49504 pamphlet

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0004]

When performing exposure processing with an immersion method and gas parts, such as air bubbles, exist in the liquid between a projection optical system and a substrate (especially front face of a substrate), there is a

possibility that the pattern image formed on a substrate with these air bubbles (gas part) may deteriorate. For example, air bubbles may be generated in a liquid not only when contained in the liquid currently supplied, but after the supply. When the poor image formation of the image of such a pattern is left, after becoming a final device, it will discover as a defective, and there is a possibility of causing lowering of device productivity.

[0005]

Moreover, in case exposure processing based on an immersion method is performed, the case where the condition that a liquid is not filled with a certain cause at least in the part between a projection optical system and a substrate produces that it becomes impossible operating the liquid feeder which supplies a liquid between a projection optical system and a substrate etc., and a gas part is formed can be considered. That is, there is a possibility that it may be projected on a substrate, without all or some of image of a pattern minding a liquid. In this case, when the image of a pattern may not carry out image formation and leaves it on the substrate, a poor thing cannot be discovered until it becomes a final device, but there is a possibility of causing lowering of productivity.

[0006]

Moreover, if a gas part exists in the image surface side of a projection optical system and it is not fully filled with a liquid although various kinds of measurement may be performed through the liquid by the side of the image surface of a projection optical system when using an immersion method, a measurement error may occur or it may lapse into measurement disabling.

[0007]

Also when this invention is made in view of such a situation and it uses an immersion method, it aims at offering the aligner which can suppress lowering of productivity, and the device manufacture approach using this aligner. Moreover, a liquid is filled between a projection optical system and a substrate, and in case exposure processing is carried out, it aims at offering the aligner which can detect degradation of the pattern image resulting from the air bubbles in a liquid etc., and the device manufacture approach using this aligner. Moreover, it aims at offering the aligner which can suppress lowering of the productivity resulting from a liquid not being filled between a projection optical system and a substrate, and the device manufacture approach using this aligner. Moreover, this invention aims at offering the aligner which can suppress generating of poor exposure and poor measurement, and the device manufacture approach using this aligner, also when using an immersion method.

[Means for Solving the Problem]

[0008]

In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention has adopted the configuration of the following matched with drawing 1 shown in the gestalt of operation - drawing 16.

By the aligner (EX) of this invention filling at least the part between a projection optical system (PL) and a substrate (P) with a liquid (50), and projecting the image of a pattern on a substrate (P) through a projection optical system (PL) and a liquid (50) In the aligner which exposes a substrate (P), it is characterized by having the cellular detector (20) which detects the air bubbles in the liquid (50) between a projection optical system (PL) and a substrate (P).

Moreover, the device manufacture approach of this invention is characterized by using the aligner (EX) of the above-mentioned publication.

[0009]

According to this invention, in case exposure processing is carried out based on an immersion method, the information about the air bubbles in the liquid between the projection optical systems and substrates which are the part greatly involved in pattern imprint precision can be detected by detecting the air bubbles in the liquid between a projection optical system and a substrate with a cellular detector. Therefore, since poor exposure (defect shot) can be grasped based on this detection result, the suitable measures for maintaining high device productivity can be taken.

[0010]

By the aligner (EX) of this invention filling at least the part between a projection optical system (PL) and a substrate (P) with a liquid (50), and projecting the image of a pattern on a substrate (P) through a projection optical system (PL) and a liquid (50) In the aligner which exposes a substrate (P), it is characterized by having \*\*\*\* detection equipment (20) which detects that some [ at least ] liquids (50) between a projection optical system (PL) and a substrate (P) go out.

[0011]

According to this invention, in case exposure processing is carried out based on an immersion method, it can

detect whether the liquid between a projection optical system and a substrate went out with \*\*\*\* detection equipment. Therefore, based on this detection result, generating of poor exposure and a defect shot can be grasped at an early stage, and the suitable measures for not generating the defect device resulting from a liquid piece can be taken. For example, when a water break is detected, generating of poor exposure and a defect shot can be suppressed because it is made to expose after the water break is solved.

[0012]

The aligner of this invention is characterized by having set to the aligner which irradiates exposure light through a projection optical system and a liquid at a substrate, and exposes said substrate, and having the gas detection system which detects the existence of the gas part in the optical path of said exposure light.

[0013]

According to this invention, it can grasp whether by detecting the existence of the gas part in the optical path of exposure light by the gas detection system, during exposure of a substrate, it originated in the gas part and the poor image formation and the defect shot of a pattern image arose, and the suitable measures for maintaining high device productivity can be taken. Moreover, since exposure of a substrate can be started after checking that there is no gas part into the optical path of exposure light, generating of a defect device can also be suppressed.

[0014]

In the aligner which irradiates exposure light through a projection optical system and a liquid at a substrate, and exposes said substrate, while the aligner of this invention projects detection light on said substrate through the liquid on said substrate It is characterized by receiving the detection light reflected on said substrate, having the field location detection system which detects the field location of said substrate, being based on the output of said field location detection system, and detecting the existence of the gas part in the optical path of said detection light.

[0015]

The field location detection system which detects the field positional information of a substrate through a liquid according to this invention is used, by detecting the existence of the gas part in the optical path of the detection light, it can grasp whether it originated in the gas part and the poor image formation and the defect shot of a pattern image arose during exposure of a substrate, and the suitable measures for maintaining high device productivity can be taken. Moreover, the existence of a gas part can be detected by using a field location detection system also [ system / which detects the existence of a gas part / gas detection ], without complicating an equipment configuration.

[Effect of the Invention]

[0016]

According to this invention, in case exposure processing is carried out based on an immersion method, the gas part containing the air bubbles in the liquid between the projection optical systems and substrates which are the part greatly involved in pattern imprint precision by the cellular detector or the gas detection system can be detected. Moreover, it is also detectable whether the liquid between a projection optical system and a substrate went out and whether it is filled with liquids for exposure or measurement with the image surface side of a projection optical system enough again. Therefore, the suitable measures for maintaining good productivity based on this detection result can be taken.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0017]

Hereafter, it explains, referring to a drawing about the aligner and the device manufacture approach of this invention. Drawing 1 is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

The mask stage MST where Aligner EX supports Mask M in drawing 1 The illumination-light study system IL which illuminates the mask M currently supported by the substrate stage PST which supports Substrate P, and the mask stage MST with the exposure light EL The projection optical system PL which carries out projection exposure of the image of the pattern of the mask M illuminated with the exposure light EL at the substrate P currently supported by the substrate stage PST It connected with the control unit CONT and control unit CONT which carry out generalization control of the actuation of the whole aligner EX, and has the storage MRY which memorizes the information about exposure processing, and the display DS which displays the information about exposure processing.

[0018]

Here, with this operation gestalt, carrying out the synchronized drive of Mask M and the substrate P to mutually different sense (hard flow) in a scanning direction as an aligner EX, the case where the scanning

aligner (the so-called scanning stepper) which exposes the pattern formed in Mask M to Substrate P is used is made into an example, and it explains. Let [ the direction which is in agreement with the optical axis AX of a projection optical system PL ] a direction (non-scanning direction) vertical to X shaft orientations, Z shaft orientations, and Y shaft orientations be Y shaft orientations for the direction of a synchronized drive of Mask M and Substrate P (scanning direction) in the following explanation in a flat surface vertical to Z shaft orientations and Z shaft orientations. Moreover, let the directions of the circumference of the X-axis, a Y-axis, and the Z-axis be  $\theta_X$ ,  $\theta_Y$ , and  $\theta_Z$  direction, respectively. In addition, a "substrate" here contains the reticle the "mask" had the device pattern by which cutback projection is carried out formed on a substrate including what applied the resist on the semi-conductor wafer.

[0019]

The illumination-light study system IL illuminates the mask M currently supported by the mask stage MST with the exposure light EL, and has the adjustable field diaphragm which sets up the lighting field on the condensing lens which condenses the exposure light EL from an optical integrator and an optical integrator which equalizes the illuminance of the flux of light injected from the light source for exposure, and the light source for exposure, a relay lens system, and the mask M by the exposure light EL in the shape of a slit. The predetermined lighting field on Mask M is illuminated by the illumination-light study system IL with the exposure light EL of uniform illuminance distribution. As an exposure light EL injected from the illumination-light study system IL, vacuum-ultraviolet light (VUV light), such as far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected, for example from a mercury lamp, and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. ArF excimer laser light is used with this operation gestalt.

[0020]

that to which a mask stage MST supports Mask M -- it is -- the inside of a flat surface vertical to the optical axis AX of a projection optical system PL, i.e., XY flat surface, -- two-dimensional -- minute to movable and  $\theta_Z$  direction -- it is pivotable. A mask stage MST is driven with the mask stage driving gears MSTG, such as a linear motor. The mask stage driving gear MSTG is controlled by the control unit CONT. The location of the two-dimensional direction of the mask M on a mask stage MST and an angle of rotation are measured on real time by the laser interferometer, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control device CONT positions the mask M currently supported by the mask stage MST by driving the mask stage driving gear MSTG based on the measurement result of a laser interferometer.

[0021]

A projection optical system PL carries out projection exposure of the pattern of Mask M for the predetermined projection scale factor  $\beta$  at Substrate P, it consists of two or more optical elements (lens), and these optical elements are supported by the lens-barrel PK as a metal member. In this operation gestalt, the projection scale factor  $\beta$  of a projection optical system PL is the cutback system of 1/4 or 1/5. In addition, any of unit systems and an amplification system are sufficient as a projection optical system PL. Moreover, the optical element (lens) 60 is exposed to the head side (Substrate P side) of the projection optical system PL of this operation gestalt from Lens-barrel PK. This optical element 60 is formed possible [ attachment and detachment (exchange) ] to Lens-barrel PK.

[0022]

The substrate stage PST is equipped with Z stage 51 which holds Substrate P through a substrate holder, X-Y stage 52 which supports Z stage 51, and the base 53 which supports X-Y stage 52 in support of Substrate P. The substrate stage PST is driven with the substrate stage driving gears PSTG, such as a linear motor. The substrate stage driving gear PSTG is controlled by the control unit CONT. By driving Z stage 51, the location in the location (focal location) in Z shaft orientations of the substrate P currently held at Z stage 51 and  $\theta_X$ , and the direction of  $\theta_Y$  is controlled. Moreover, the location (it is [ the image surface of a projection optical system PL and ] the location of an parallel direction substantially) in the XY direction of Substrate P is controlled by driving X-Y stage 52. That is, Z stage 51 controls the focal location and tilt angle of Substrate P, and doubles the front face of Substrate P with the image surface of a projection optical system PL by the autofocus method and the auto leveling method, and X-Y stage 52 performs positioning in X shaft orientations and Y shaft orientations of Substrate P. In addition, it cannot be overemphasized that a Z stage and an X-Y stage may be prepared in one.

[0023]

The migration mirror 54 is formed on the substrate stage PST (Z stage 51). Moreover, the laser interferometer 55 is formed in the location which counters the migration mirror 54. The location of the two-



dimensional direction of the substrate P on the substrate stage PST and an angle of rotation are measured on real time by the laser interferometer 55, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control device CONT positions the substrate P currently supported by the substrate stage PST by driving the substrate stage driving gear PSTD based on the measurement result of a laser interferometer 55.

[0024]

With this operation gestalt, while shortening exposure wavelength substantially and improving resolution, in order to make the depth of focus large substantially, an immersion method is applied. Therefore, while imprinting the image of the pattern of Mask M on Substrate P at least, the predetermined liquid 50 is filled between the front face of Substrate P, and the apical surface (underside) 7 of the optical element 60 by the side of the substrate P of a projection optical system PL (lens). As mentioned above, the lens 60 is exposed to the head side of a projection optical system PL, and the liquid 50 is constituted so that only a lens 60 may be contacted. Thereby, the corrosion of the lens-barrel PK which consists of a metal etc. is prevented. Pure water is used for a liquid 50 in this operation gestalt. Pure water can penetrate this exposure light EL, when not only ArF excimer laser light but exposure light EL is made into far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected from a mercury lamp.

[0025]

Aligner EX is equipped with the apical surface (apical surface of a lens 60) 7 of a projection optical system PL, the liquid feeder 1 which supplies the predetermined liquid 50 to the space 56 between Substrates P, and the liquid recovery system 2 which collects the liquids 50 of space 56. The liquid feeder 1 is for filling at least the part between a projection optical system PL and Substrate P with a liquid 50, and is equipped with a tank, a booster pump, etc. which hold a liquid 50. The end section of a supply pipe 3 is connected to the liquid feeder 1, and the supply nozzle 4 is connected to the other end of a supply pipe 3. The liquid feeder 1 supplies a liquid 50 to space 56 through a supply pipe 3 and the supply nozzle 4. The liquid feeder 1 sets up the temperature of the liquid 50 supplied to space 56 to the same extent as the temperature in the chamber in which Aligner EX is held (for example, 23 degrees C).

[0026]

The liquid recovery system 2 is equipped with the tank which holds a suction pump and the collected liquid 50. The end section of the recovery tubing 6 is connected to the liquid recovery system 2, and the recovery nozzle 5 is connected to the other end of the recovery tubing 6. The liquid recovery system 2 collects the liquids 50 of space 56 through the recovery nozzle 5 and the recovery tubing 6. In case a liquid 50 is filled to space 56, a control unit CONT drives the liquid recovery system 2, and collects the liquids 50 of the specified quantity from space 56 per unit time amount through the recovery nozzle 5 and the recovery tubing 6 while it drives the liquid feeder 1 and supplies the liquid 50 of the specified quantity per unit time amount to space 56 through a supply pipe 3 and the supply nozzle 4. Thereby, a liquid 50 is arranged in the apical surface 7 of a projection optical system PL, and the space 56 between Substrates P.

[0027]

Aligner EX is equipped with the cellular detector 20 which detects the air bubbles in the liquid 50 of the space 56 between a projection optical system PL and Substrate P. The cellular detector 20 detects the air bubbles in a liquid 50 optically, and is equipped with the projection system 21 which projects detection light on the liquid 50 of space 56, and the light-receiving system 22 which receives the detection light from the liquid 50 of space 56. By projecting detection light from dip to the front face of Substrate P, the projection system 21 projects detection light on the liquid 50 of space 56. The projection system 21 projects detection light to the front face of Substrate P from the location left to the optical axis AX of a projection optical system PL to X shaft orientations which are scanning directions of Substrate P. With this operation gestalt, the projection system 21 is formed in the location left in the direction of -X to the optical axis AX of a projection optical system PL, and the light-receiving system 22 is formed in the location left in the direction of +X to the optical axis AX of a projection optical system PL.

[0028]

Drawing 2 is the front view showing the lower part, the liquid feeder 1, the liquid recovery system 2, etc. of a projection optical system PL of Aligner EX. In drawing 2, point 60A leaves only a part required for a scanning direction, and the lens 60 of the lowest edge of a projection optical system PL is formed in Y shaft orientations (non-scanning direction) in the shape of [ long and slender ] a rectangle. At the time of scan exposure, some pattern images of Mask M are projected on the projection field PA of the rectangle [ directly under ] of point 60A, and Substrate P moves in the direction of +X (or the direction of -X) by rate beta-V (beta is a projection scale factor) through X-Y stage 52 to a projection optical system PL synchronizing with

Mask M moving in the direction of -X (or the direction of +X) at a rate V. And after exposure ending to one shot field, the next shot field moves to a scan starting position by stepping of Substrate P, and exposure processing to each shot field is hereafter performed one by one by step - and - scanning method. With this operation gestalt, it is set up so that a liquid 50 may be poured to the scanning direction of Substrate P, and parallel.

[0029]

Drawing 3 is drawing showing the physical relationship of point 60A of the lens 60 of a projection optical system PL, the supply nozzle 4 (4A-4C) which supplies a liquid 50 to X shaft orientations, and the recovery nozzle 5 (5A, 5B) which collects liquids 50. In drawing 3, the configuration of point 60A of a lens 60 is the shape of a long and slender rectangle at Y shaft orientations, three supply nozzles 4A-4C are arranged at the direction side of +X, and two recovery nozzles 5A and 5B are arranged at the direction side of -X so that point 60A of the lens 60 of a projection optical system PL may be inserted into X shaft orientations. And the supply nozzles 4A-4C are connected to the liquid feeder 1 through a supply pipe 3, and the recovery nozzles 5A and 5B are connected to the liquid recovery system 2 through the recovery tubing 4. Moreover, the supply nozzles 8A-8C and the recovery nozzles 9A and 9B are arranged at arrangement turning around the supply nozzles 4A-4C and about 180 degrees of recovery nozzles 5A and 5B. The supply nozzles 4A-4C and the recovery nozzles 9A and 9B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 8A-8C and the recovery nozzles 5A and 5B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 8A-8C are connected to the liquid feeder 1 through a supply pipe 10, and the recovery nozzles 9A and 9B are connected to the liquid recovery system 2 through the recovery tubing 11.

[0030]

In addition, when moving Substrate P to the scanning direction (the direction of -X) shown by the arrow head Xa (refer to drawing 3) and performing scan exposure, supply and recovery of a liquid 50 are performed by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 using a supply pipe 3, the supply nozzles 4A-4C, the recovery tubing 4, and the recovery nozzles 5A and 5B. namely, in case Substrate P moves in the direction of -X While a liquid 50 is supplied between a projection optical system PL and Substrate P from the liquid feeder 1 through a supply pipe 3 and the supply nozzle 4 (4A-4C) Liquids 50 are collected by the liquid recovery system 2 through the recovery nozzle 5 (5A, 5B) and the recovery tubing 6, and a liquid 50 flows in the direction of -X so that between a lens 60 and Substrates P may be filled. When moving Substrate P to the scanning direction (the direction of +X) shown by the arrow head Xb on the other hand and performing scan exposure, supply and recovery of a liquid 50 are performed by the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 using a supply pipe 10, the supply nozzles 8A-8C, the recovery tubing 11, and the recovery nozzles 9A and 9B. namely, in case Substrate P moves in the direction of +X While a liquid 50 is supplied between a projection optical system PL and Substrate P from the liquid feeder 1 through a supply pipe 10 and the supply nozzle 8 (8A-8C) Liquids 50 are collected by the liquid recovery system 2 through the recovery nozzle 9 (9A, 9B) and the recovery tubing 11, and a liquid 50 flows in the direction of +X so that between a lens 60 and Substrates P may be filled. Thus, a control unit CONT pours a liquid 50 in the same direction as the migration direction of a substrate along the migration direction of Substrate P using the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2. Since the liquid 50 supplied through the supply nozzle 4 in this case from the liquid feeder 1 is drawn in space 56 with migration in the direction of -X of Substrate P, is made and flows, that the supply energy of the liquid feeder 1 is also small can supply a liquid 50 to space 56 easily. And also when scanning Substrate P by changing the direction which pours a liquid 50 according to a scanning direction in the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, between the apical surface 7 of a lens 60 and Substrates P can be filled with a liquid 50, and high resolution and the large depth of focus can be obtained.

[0031]

Drawing 4 is the top view showing the outline configuration of the cellular detector 20. The projection system 21 and the light-receiving system 22 are formed so that the projection field PA on point 60A P of the lens 60 of a projection optical system PL, i.e., the substrate of a projection optical system PL, may be inserted into X shaft orientations. The projection system 21 has two or more projection area 21A on a par with Y shaft orientations, and is projected on detection light from each of projection area 21A to Substrate P. Whenever [ over the substrate P front face of the detection light on which it is projected from two or more projection area 21A / incident angle ] is set as the same include angle, respectively. The light-receiving system 22 has two or more light sensing portion 22A corresponding to projection area 21A of the projection system 21. A liquid 50 will be passed, it will reflect on the front face of Substrate P, and the detection light on which it was projected from each of projection area 21A will be received by light sensing portion 22A, if

there are no air bubbles into a liquid.

[0032]

Moreover, the light-receiving system 22 has the light sensing portions 22B and 22C arranged in the location as for which the detection light from the projection system 21 does not carry out direct incidence, and the scattered light which the detection light from the projection system 21 reflects in the air bubbles in a liquid is received by the light sensing portions 22B and 22C (dark field detection).

[0033]

Among two or more detection light on which it is projected from the projection system 21, it is projected on a part of detection light L1 among on Substrate P to the field (the projection field PA of a projection optical system PL) corresponding to point 60A of a lens 60, and a part of [ remaining ] detection light L2 is projected on them to the field of Y shaft-orientations both the outsides of the projection field PA. And the projection system 21 projects a part of [ at least ] detection light Le [ near the boundary section in Y shaft orientations of the projection field PA ] among two or more detection light. Since a liquid 50 is supplied to the part corresponding to the projection field PA between point 60A of a lens 60, and Substrate P (i.e., Substrate P top) from the liquid feeder 1 here, the part corresponding to this projection field PA is an immersion part.

[0034]

The mimetic diagram and drawing 7 (b) which looked at the condition that detection light was irradiated to the air bubbles 18 with which drawing 7 (a) has adhered to the front face of Substrate P, from the side are the top view of drawing 7 (a).

When detection light is spot light and the path of the flux of light is D1 as shown in drawing 7 (a) for example, the detection light on Substrate P serves as the shape of an ellipse which makes X shaft orientations (scanning direction) a longitudinal direction as shown in drawing 7 (b) by projecting detection light from dip to Substrate P. The magnitude D2 of the longitudinal direction of the detection field of the shape of an ellipse on the substrate P of detection light is larger than the diameter D1 of the above. That is, although the magnitude in X shaft orientations of the detection field of detection light is set to D1 when detection light is irradiated from a perpendicular direction to the front face of Substrate P, for example, in X shaft orientations, air bubbles 18 are detectable [ in the larger detection field of D2 than D1 ] from dip by irradiating detection light. Therefore, in case the air bubbles 18 on the substrate P scanned to X shaft orientations are detected, air bubbles 18 will be detected in a larger detection field compared with the detection field of a path D1, and its cellular detector 20 can improve the detection precision of air bubbles 18. In addition, although detection light was explained as a spot light here, the same effectiveness is acquired even if detection light is slit light.

[0035]

Next, it explains, referring to flow chart drawing of drawing 5 about the procedure which exposes the pattern of Mask M to Substrate P through a projection optical system PL and a liquid 50 using the aligner EX which has the configuration mentioned above.

If Substrate P is loaded to the substrate stage PST while Mask M is loaded to a mask stage MST, a control unit CONT will drive the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2, and will start the liquid supply actuation to space 56. Thereby, a liquid 50 is filled between the underside 7 (point 60A) of a projection optical system PL, and the projection field PA of Substrate P (step S1).

[0036]

Subsequently, a control device CONT driving the substrate stage PST, and scanning Substrate P to X shaft orientations, it illuminates Mask M with the exposure light EL from the illumination-light study system IL, and projects the pattern of Mask M on Substrate P through a projection optical system PL and a liquid 50. It can come, simultaneously a control unit CONT projects detection light from dip from the projection system 21 to Substrate P (step S2).

A control unit CONT carries out exposure processing to Substrate P, detecting the location in Z shaft orientations of a substrate P front face.

[0037]

The detection light on which it was projected by Substrate P from the projection system 21 passes through the inside of the liquid 50 currently filled in space 56, and it is projected on it to the projection field on Substrate P. Here, as shown in drawing 4, when air bubbles 18 exist in the front face of the substrate P in a projection field (adhesion), the detection light on which it was projected by air bubbles 18 is scattered about. By a part of detection light on which it was projected by air bubbles 18 being scattered about, a strong light which is not detected carries out incidence to light sensing portions 22B and 22C, and the optical

reinforcement received by light sensing portion 22A corresponding to this detection light falls usual. The detection result of light sensing portions 22A, 22B, and 22C is outputted to a control unit CONT, and a control unit CONT detects whether air bubbles exist on Substrate P based on the luminous intensity detected by this light-receiving system 22 (step S3).

[0038]

Here, a control unit CONT can calculate the magnitude and the amount of air bubbles 18 based on the luminous intensity detected by light sensing portions 22B and 22C. For example, since small air bubbles are scattered about in light at a bigger include angle, a control unit CONT can ask for the magnitude of air bubbles 18 based on the detection result of light sensing portions 22B and 22C by searching for the direction of the scattered light from air bubbles 18. Furthermore, the amount of the air bubbles 18 per unit area on Substrate P can also be calculated by detecting the luminous intensity which received light.

[0039]

While the location of the XY direction of Substrate P is pinpointed from the measurement result of a laser interferometer 55 at this time, the installation location in Y shaft orientations of light sensing portion 22A which received the detection light on which it was projected by air bubbles 18 is also pinpointed based on a design value. Therefore, a control unit CONT can pinpoint the location where air bubbles 18 exist on Substrate P based on the information about the installation location of light sensing portion 22A to which the measurement result and the luminous intensity which receives light of a laser interferometer 55 fell. If the location where air bubbles 18 exist is pinpointed, a control unit CONT will memorize the positional information of these air bubbles 18 to Storage MRY (step S4).

[0040]

And as for a control unit CONT, the existence of the existence of air bubbles 18, the amount of air bubbles, etc. can detect the information about the air bubbles 18 about each of a shot field by projecting detection light to Substrate P, scanning Substrate P to X shaft orientations.

[0041]

Here, the threshold information about the air bubbles 18 of whether a pattern is imprinted in a desired pattern imprint precision to Substrate P is memorized by Storage MRY. This threshold contains the threshold about the magnitude of air bubbles 18, or the threshold about the amount (number) of the air bubbles 18 about one shot field. A control unit CONT compares with the cellular detection result by the cellular detector 20 the threshold information memorized by Storage MRY (step S5).

[0042]

The cellular detection result according [ a control unit CONT ] to the cellular detector 20 distinguishes whether it is said more than threshold (step S6).

For example, when the small air bubbles 18 of a path are floating the inside of a liquid 50 slightly, even if air bubbles 18 exist in a liquid, a desired pattern imprint precision can be acquired. Then, the threshold about the amount and magnitude of air bubbles 18 is calculated beforehand, and if a cellular detection result is said below threshold, it can be judged appropriately that Substrate P can be exposed. That is, a control unit CONT judges whether exposure of Substrate P was performed appropriately based on the detection result of the cellular detector 20 with reference to the threshold information about the air bubbles memorized by Storage MRY. In addition, said threshold can be calculated experimentally for example beforehand, and is memorized by Storage MRY.

[0043]

If it judges that air bubbles 18 are below the above-mentioned thresholds (i.e., if it judges that exposure of Substrate P is performed appropriately), a control unit CONT will continue exposure processing. When, judging that air bubbles 18 are more than the above-mentioned thresholds on the other hand (i.e., if it judges that exposure of Substrate P is not appropriately performed by existence of air bubbles 18), a control unit CONT For example, Display DS and a non-illustrated alarm are driven, and interrupt exposure processing actuation, the purport in which the air bubbles more than tolerance (more than a threshold) exist is notified, or it deals with displaying the positional information of the air bubbles 18 on Substrate P with Display DS etc. (step S7).

[0044]

Here, as shown in drawing 6, the case where it exposes about each of two or more shot fields SH on Substrate P is considered. In this case, even when it is judged that air bubbles 18 are more than the above-mentioned thresholds in step S6, a control unit CONT continues exposure processing. At this time, a control unit CONT detects the air bubbles 18 by the cellular detector 20 during each exposure of two or more shot fields SH on Substrate P, and memorizes shot field SH' to which image formation of the image of a pattern

was not appropriately performed with air bubbles 18 among two or more shot fields SH to Storage MRY with reference to the above-mentioned threshold information and the positional information of the air bubbles by the laser interferometer (step S8).

And based on the information memorized to Storage MRY after exposure processing termination, shot field SH' to which image formation of the image of a pattern was not appropriately performed among two or more shot fields SH is excepted from the exposure processing of another layer which continues after that, or reattaches a resist and is re-exposed.

[0045]

In this operation gestalt, in the projection field PA on Substrate P, it is projected on the detection light L1 among two or more detection light, and is projected on the detection light Le to the both-sides boundary section of Y shaft orientations. Therefore, based on this detection light L1 or the light-receiving result in the light-receiving system 22 of Le, it can judge whether the liquid 50 is filled in space 56. For example, if inconvenience, such as exfoliation of a liquid 50, arises near the boundary section of the projection field PA on Substrate P and the condition that the liquid 50 is not arranged in a part of space 56 arises, the optical path of the detection light Le changes, and light is not received by the light-receiving system 22, but it will be in a non-incidence condition. Therefore, a control unit CONT can judge whether the liquid 50 is filled in space 56 based on the light-receiving result of light sensing portion 22A which received the detection light Le. Moreover, for example, it becomes impossible by a certain cause operating the liquid feeder 1, and also when the liquid 50 between a projection optical system PL and Substrate P goes out (lost), it thinks. Also in this case, the optical path of the detection light L1 changes, and it will be in a non-incidence condition to light sensing portion 22A. A control unit CONT can detect that the liquid of space 56 goes out based on the light-receiving result of light sensing portion 22A. Thus, the cellular detector 20 also has the function as \*\*\*\* detection equipment to detect that the liquid 50 between a projection optical system PL and Substrate P goes out.

[0046]

Also in this case, a control unit CONT detects the liquid piece by \*\*\*\* detection equipment 20 during each exposure of two or more shot fields SH on Substrate P, and memorizes shot field (defect shot field) SH' which the liquid piece produced during exposure among two or more shot fields SH to Storage MRY based on the location measurement result of a laser interferometer. And based on the information memorized to Storage MRY after exposure processing termination, shot field SH' to which it originated in the liquid piece among two or more shot fields SH, and image formation of the image of a pattern was not performed appropriately is excepted from the exposure processing of another layer performed after that, or a resist is reattached and re-exposure is performed.

[0047]

In addition, although the \*\*\*\* detection equipment mentioned above is the configuration of detecting optically whether the liquid piece having arisen, it may constitute \*\*\*\* detection equipment with the flowmeter (flow rate detection equipment) formed in the supply pipe 3 and the supply nozzle 4 of the liquid feeder 1, for example. Flow rate detection equipment detects the liquid flow rate per unit time amount of the liquid 50 supplied to space 56, and outputs a detection result to a control unit CONT. It is judged that the liquid piece has produced the control unit CONT based on the detection result of flow rate detection equipment when the flow rate of a liquid is below a predetermined value.

[0048]

Moreover, the case where the space (gas part) of a comparatively big gas occurs in a liquid, when supply of a liquid is started from the liquid feeder 1 and a gas remains in the image surface side of a projection optical system PL, and not only a small gas part like air bubbles but when, it thinks. Since the detection light L1 will be in a non-incidence condition to light sensing portion 22A also in such a case, based on the light-receiving result of light sensing portion 22A, the existence of the gas part by the side of the image surface of a projection optical system PL is detectable. Thus, the cellular detector 20 has not only detection of the air bubbles in a liquid but the function to detect the existence of the gas part between a projection optical system PL and Substrate P.

[0049]

Since the cellular detector 20 which detects the air bubbles 18 in the liquid 50 filled in the space 56 between a projection optical system PL and Substrate P was formed as explained above, the suitable measures for maintaining good productivity can be taken by detecting the information on the air bubbles 18 in this space 56 that influences pattern imprint precision greatly. And when air bubbles exist, only the device corresponding to the shot field imprinted appropriately can be used as a product, or the measures of

processing for a pattern once interrupting exposure processing for judging whether the pattern having been appropriately imprinted based on the cellular detection result, and removing air bubbles can be taken.

[0050]

In addition, although this operation gestalt explained the case where the air bubbles 18 adhering to the front face of Substrate P were detected, since the luminous intensity received by the light-receiving system 22 when detection light is irradiated by these air bubbles that are floating changes when air bubbles are floating in a liquid 50, it is also possible to detect the amount of the air bubbles which are floating in a liquid 50. Moreover, since the luminous intensities received by light sensing portions 22B and 22C with the detection light which detected the air bubbles which are floating, and the detection light which detected the air bubbles adhering to Substrate P differ, it is also possible to distinguish that to which the detected air bubbles are floating, or the thing adhering to Substrate P based on the light-receiving result of light sensing portions 22B and 22C. Moreover, the information about the air bubbles adhering to the underside 7 of this projection optical system PL is also detectable by irradiating detection light to the underside 7 of a projection optical system PL. Moreover, a part of detection light from the projection system 21 may be used for detection of the surface location of Substrate P.

[0051]

In addition, with this operation gestalt, the projection system 21 can also be considered as the configuration which projects detection light on YZ flat surface and parallel to Substrate P, although improvement in detection precision is in drawing by projecting detection light on XZ flat surface and parallel from the scanning direction of Substrate P, and the distant direction to Substrate P. Moreover, you may make it scan Substrate P to X shaft orientations to this spot light, although this operation gestalt explained that the spot light (detection light) located in a line with Y shaft orientations to Substrate P was irradiated, scanning one spot light to Y shaft orientations, for example. [ two or more ] Or it is, even if it projects the spot light prolonged in Y shaft orientations on Substrate P, and it is \*\*. Even if it is such a configuration, cellular detection actuation to the predetermined field of a substrate P front face can be performed.

[0052]

Moreover, in an above-mentioned operation gestalt, although the case where an immersion field was formed on Substrate P was explained, also when using the various measurement members and sensor on the substrate stage PST (Z stage 51) which is indicated by JP,2002-14005,A, JP,11-16816,A, JP,57-117238,A, JP,11-238680,A, JP,2000-97916,A, JP,4-324923,A, etc., it is possible [ it ] to fill the image surface side of a projection optical system PL with a liquid. When measuring through a liquid by such a measurement member and a sensor, and gas parts (air bubbles in liquid etc.) exist in the image surface side of a projection optical system PL and there is a possibility of becoming a measurement error, you may make it detect the existence of a gas part etc. using the cellular detector 20.

[0053]

Next, it explains, referring to drawing 8 about another operation gestalt of this invention. the sign same about a component the same as that of the operation gestalt mentioned above or equivalent is attached, and simple [ in the explanation ] in the following explanation, -- or it omits.

Drawing 8 is a side elevation in which it is shown near the point of a projection optical system PL. In drawing 8, the liquid 50 is filled between the optical element 60 of the point of a projection optical system PL, and Substrate P, and the immersion field AR of a liquid 50 is formed on Substrate P. In addition, the recovery nozzle 5 which collects the liquids 50 on the supply nozzle 4 which supplies a liquid 50 on Substrate P, and Substrate P is not illustrated by drawing 8.

[0054]

In addition, in the following explanation of this operation gestalt, although the case where Substrate P has countered with the optical element 60 of a projection optical system PL is explained, it is also the same as when the various measurement members and sensor on the substrate stage PST (Z stage 51) which is indicated by JP,2002-14005,A, JP,11-16816,A, JP,57-117238,A, JP,11-238680,A, JP,2000-97916,A, JP,4-324923,A, etc. have countered the optical element 60 of a projection optical system PL.

[0055]

Aligner EX is equipped with the focal detection system 70 which detects the field positional information of Substrate P. The focal detection system 70 has the projection system 71 and the light-receiving system 72 which are prepared in the both sides across the projection field PA of a projection optical system PL, respectively, projects slant to the detection light La on a substrate P front face (exposure side) through the liquid 50 on Substrate P from the projection system 71, and receives the detection light (reflected light) La reflected on Substrate P by the light-receiving system 72. A control unit CONT detects the location (focal



location) and inclination in Z shaft orientations of the substrate P front face to predetermined datum level based on the light-receiving result of the light-receiving system 72 while controlling actuation of the focal detection system 70. In addition, although the projection system 71 and the light-receiving system 72 are formed in the location left to the projection field PA in each by the side of \*\*X across the projection field PA in the example shown in drawing 8, the projection system 71 and the light-receiving system 72 may be formed in each by the side of \*\*Y across the projection field PA.

[0056]

The projection system 71 of the focal detection system 70 has two or more projection areas, and as shown in the mimetic diagram shown in drawing 9, it projects two or more detection light La on Substrate P.

Moreover, the light-receiving system 72 has two or more light sensing portions which responded to said two or more projection areas. Thereby, the focal detection system 70 can ask for each focal location in two or more matrix-like each point (each location) in a substrate P front face, for example, and can search for the position of the dip direction of Substrate P based on the focal location in two or more each point for which it asked. In addition, as a configuration of the focal detection system 70, what is indicated by JP,8-37149,A, for example can be used. A control device CONT controls the location in the location (focal location) in Z shaft orientations of the substrate P currently held at Z stage 51 and thetaX, and the direction of thetaY based on the detection result of the focal detection system 70 by driving Z stage 51 (referring to drawing 1) of the substrate stage PST through the substrate stage driving gear PSTD. That is, Z stage 51 operates based on the command from a control unit CONT based on the detection result of the focal detection system 70, controls the focal location (Z location) and tilt angle of Substrate P, and doubles the front face (exposure side) of Substrate P with the image surface formed through a projection optical system PL and a liquid 50.

[0057]

It returns to drawing 8 and the 1st optical member 81 which can penetrate the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70, and the 2nd optical member 82 which can penetrate the detection light La reflected on Substrate P are formed near the point of a projection optical system PL. The 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 are supported in the condition of having dissociated in the optical element 60 at the head of projection optical system PL. The 1st optical member 81 is arranged at the -X side of an optical element 60, and the 2nd optical member 82 is arranged at the +X side of an optical element 60, and is prepared in the location which can contact the liquid 50 of the immersion field AR in the location which does not bar the optical path of the exposure light EL, and migration of Substrate P.

[0058]

And as shown in drawing 8, a liquid 50 is supplied on Substrate P from the liquid feeder 1 (refer to drawing 1) so that all the optical paths of the exposure light EL which passed the projection optical system PL during exposure processing of Substrate P, i.e., the optical path of the exposure light EL between an optical element 60 and Substrate P (the projection field PA on Substrate P), may be filled with a liquid 50.

Moreover, all the optical paths of the exposure light EL between an optical element 60 and Substrate P are filled with a liquid 50, and when it is formed in a request condition so that the immersion field AR may cover all the projection fields PA on Substrate P, the liquid 50 which forms the immersion field AR is stuck to each of the end face of the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 (contact). In the condition that the immersion field AR was formed on Substrate P, and the liquid 50 has stuck to each of the end face of the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 All the optical paths between the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 are filled with a liquid 50 among the optical paths of the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70, and the reflected light La on the substrate P. Moreover, in the condition that all the optical paths of the detection light La were filled with the liquid 50, the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 is set up so that the projection field PA of the projection optical system PL on Substrate P may irradiate.

In addition, there may be detection light irradiated by the location left to the scanning direction (X shaft orientations) of Substrate P to the outside of the projection field PA, especially the projection field PA.

[0059]

In the condition that the immersion field AR was formed in the state of the request, and all the optical paths of the detection light La between the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 were filled with the liquid 50 The detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 Without producing dispersion, refraction, etc., the liquid 50 of the 1st optical member 81 and the immersion field AR is passed, Substrate P (projection field PA) irradiates in the state of a request, and the reflected

light La passes the liquid 50 and the 2nd optical member 82 of the immersion field AR, and is received by the light-receiving system 72 in the state of a request. If it puts in another way, when the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 will be received by the light-receiving system 72, the immersion field AR is formed in the request condition. Thus, based on the output of the light-receiving system 72 of the focal detection system 70, it is optically detectable whether all in the optical path of the detection light La are filled with the liquid 50.

[0060]

Moreover, as mentioned above, in the condition that the immersion field AR is formed in the state of the request, the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 passes a part of optical path [ at least ] of the exposure light EL which the projection field PA of a projection optical system PL irradiates, and includes the projection field PA. Therefore, the focal detection system 70 can detect optically whether the optical path of the exposure light EL is filled with the liquid 50 based on the output of the light-receiving system 72.

[0061]

In addition, although it explained that the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 were members which carried out mutually-independent here For example, an annular optical member is arranged so that the optical element 60 of the point of a projection optical system PL may be surrounded, detection light is irradiated at a part of the annular optical member, and you may make it receive the detection light which passed through the immersion field AR and the substrate P front face through an annular optical member. The configuration of the immersion field AR 2 is maintainable good by preparing an optical member annularly and sticking the liquid 50 of the immersion field AR to the medial surface of an annular optical member. Moreover, in this operation gestalt, the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 may be formed by the optical element 60 of a projection optical system PL, and one, although it has dissociated to a projection optical system PL.

[0062]

in addition, the liquid contact surface which is an end face of the above-mentioned 1st and 2nd optical members 81 and 82 and the above -- the liquid contact surface of an annular optical member -- for example, since it becomes easy to stick the liquid 50 of the immersion field AR to the liquid contact surface of an optical member by lyophilic-ization-processing and considering as lyophilic, it becomes easy to maintain the configuration of the immersion field AR.

[0063]

Drawing 10 is drawing showing the condition that air bubbles 18 exist in the liquid 50 of the immersion field AR. As shown in drawing 10 , the detection light La which shone upon air bubbles 18 among two or more detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 produces dispersion, refraction, etc. Therefore, the detection light La which shone upon air bubbles 18 is not received in order to receive light in the condition of having fallen the quantity of light to the light-receiving system 72 or to change the optical path. That is, when air bubbles (gas part) 18 are in a liquid 50, the optical reinforcement received by the light-receiving system 72 changes (lowering). Therefore, the focal detection system 70 can detect optically the air bubbles (gas part) 18 which exist in the liquid 50 of the immersion field AR formed on the optical path of the exposure light EL based on the output of the light-receiving system 72. And the immersion field AR is formed on the optical path of the exposure light EL, and since the detection light La is a configuration which irradiates the projection field PA which is a part of optical path of the exposure light EL, it can detect whether the focal detection system 70 is based on the output of the light-receiving system 72, and the existence of the air bubbles in the optical path of the exposure light EL (gas part), i.e., the optical path of the exposure light EL, is filled with the liquid 50. Furthermore, the focal detection system 70 can detect the air bubbles in the optical path of the detection light La (gas part) among liquids 50.

[0064]

Here, cellular 18A which is floating the inside of drawing 10 and a liquid 50, cellular 18B adhering to the end face (liquid contact surface) of the 1st optical member 81, cellular 18C adhering to the end face (liquid contact surface) of the 2nd optical member 82, and the air bubbles (un-illustrating) that have adhered on Substrate P are included in air bubbles 18. When air bubbles 18 exist in the liquid 50 of the immersion field AR, thus, the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 [ whether the quantity of light (light income) to the light-receiving system 72 is changed by producing dispersion, refraction, etc., and ] Or since the optical path is changed and light is not received by the light-receiving system 72 (refer to sign Lb), the focal detection system 70 can detect the existence of the gas part



in the liquid 50 of the immersion field AR prepared on the optical path of the exposure light EL (air bubbles) based on the output of the light-receiving system 72.

[0065]

In this operation gestalt and the focal detection system 70 Since it is the configuration of detecting the air bubbles 18 in the optical path of the detection light La based on the output of the light-receiving system 72, The air bubbles 18 (18A) which are floating can also detect the inside of the liquid 50 which forms the immersion field AR as well as the air bubbles which have adhered on Substrate P, or the air bubbles 18 (18B, 18C) adhering to the 1st and 2nd optical members 81 and 82. Therefore, if it is on the optical path of the detection light La, the air bubbles 18 which exist in locations other than the optical path of the exposure light EL among the liquids 50 of the immersion field AR are also detectable. And since a control unit CONT performs exposure processing, detecting the field positional information of Substrate P using the focal detection system 70, the focal detection system 70 can project the detection light La during exposure processing of Substrate P, and can detect the existence of the gas part in the liquid 50 on the optical path of the exposure light EL, and the existence of the gas part in the optical path of the detection light La. Of course, the focal detection system 70 can also detect the existence of the gas part in the liquid 50 of the immersion field AR also in timing other than exposure processing.

[0066]

Moreover, if the focal detection system 70 is on the optical path of the detection light La, since it can also detect the air bubbles 18 which exist in locations other than the optical path of the exposure light EL among the liquids 50 of the immersion field AR, For example, even if the air bubbles 18 which exist in locations other than the optical path of the exposure light EL move with migration of Substrate P in the inside of a liquid 50 during scan exposure, and it may be arranged on the optical path of the exposure light EL or may adhere to Substrate P and an optical element 60 Before the air bubbles 18 which exist in locations other than the optical path of the exposure light EL are arranged on the optical path of the exposure light EL by the focal detection system 70 or adhere to Substrate P and an optical element 60 by it, the air bubbles 18 are detectable. Therefore, before the air bubbles 18 which were floating the inside of a liquid 50 during exposure processing are arranged on the optical path of the exposure light EL, and Substrate P Based on the output of the focal detection system 70, it predicts that air bubbles 18 are arranged on the optical path of the exposure light EL, and Substrate P. For example, exposure processing can be suspended, or suitable treatment of driving an alarm can be performed, and the inconvenience which poor exposure and a defect shot generate can be avoided.

[0067]

Moreover, since the projection system 71 of the focal detection system 70 irradiates two or more detection light La at each point of the shape of a matrix on Substrate P, based on the optical reinforcement (light income) of two or more detection light La of each, received by the light-receiving system 72, the focal detection system 70 can search for the positional information of air bubbles 18. Here, the exposure positional information of two or more detection light La of each is specified based on a design value. Therefore, a control unit CONT can pinpoint the location (optical path of the detection light in which air bubbles 18 existed) of air bubbles 18 based on the exposure positional information of the detection light La in which the optical reinforcement which carries out incidence to each light sensing portion of the light-receiving system 72 among two or more detection light La was reduced, or the information about the installation location of the light sensing portion of the light-receiving system 72 corresponding to the detection light La.

[0068]

Moreover, although the situation that some liquids 50 go out between the optical element 60 of a projection optical system PL and Substrate P, without fully filling a liquid 50, and the immersion field AR is not formed in it in the state of a request occurs and the gas field AG may be generated in the optical path of the exposure light EL as shown in the mimetic diagram of drawing 11, the focal detection system 70 can also detect the existence of the gas field AG. In addition, the gas field AG is produced by exfoliation of a liquid 50, a malfunction of the liquid feeder 1, etc. accompanying migration of Substrate P. In the example shown in drawing 11, the gas field AG is formed in the about 82 2nd optical member, and the liquid 50 of the immersion field AR has not stuck it to the end face of the 2nd optical member 82 (contact). Also in this case, dispersion, refraction, etc. are produced in the interface of the liquid 50 of the immersion field AR, and the gas field AG, and light is received in the condition of having fallen the quantity of light to the light-receiving system 72, or the detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70 is not received. The focal detection system 70 can detect whether the existence of the gas field

AG in the optical path of the exposure light EL, i.e., the optical path of the exposure light EL, is filled with the liquid 50 among the immersion fields AR based on the output of the light-receiving system 72.

Moreover, also in this case, since a control unit CONT performs exposure processing, detecting the field positional information of Substrate P using the focal detection system 70, it can detect the existence of the gas part in the optical path of the exposure light EL, and the existence of the gas part in the optical path of the detection light La during exposure of Substrate P based on the output of that focal detection system 70 (light-receiving system 72). And when the gas field AG is detected by the focal detection system 70 during exposure processing, based on the output of the focal detection system 70, exposure actuation can be suspended, or a control unit CONT can adjust the liquid amount of supply by the liquid feeder 1, and the amount of liquid recovery by the liquid recovery system 2, and can take the suitable measures of forming the immersion field AR in a request condition.

[0069]

By the way, before starting exposure processing after loading Substrate P to the substrate stage PST as shown in the mimetic diagram of drawing 12 (a) in case immersion exposure processing of the substrate P is carried out, immersion field formation actuation which forms the immersion field AR on Substrate P by driving the liquid feeder 1 and the liquid recovery system 2 is performed. At this time, a control unit CONT can judge the propriety of exposure initiation of Substrate P by performing immersion field formation actuation before exposure processing based on the output of that focal detection system 70 (light-receiving system 72), irradiating the detection light La from the projection system 71 of the focal detection system 70 at Substrate P. Namely, since the optical reinforcement of the detection light La which reaches the light-receiving system 72 falls in the immersion field formation actuation before exposure processing when there is a gas field AG without yet forming the immersion field AR fully as shown in drawing 12 (b) It is judged that it is unsuitable to judge that the immersion field AR is not yet formed fully based on the output of the light-receiving system 72 of the focal detection system 70, and to start immersion exposure processing as for a control unit CONT. And a control unit CONT continues immersion field formation actuation until the immersion field AR is formed in a request condition, and depending on the case, the liquid amount of supply of the liquid feeder 1 and the amount of liquid recovery of the liquid recovery system 2 are changed, or it changes an immersion field formation operating condition, such as moving the location of Substrate P. And the immersion field AR is fully formed, and when it will be in the condition that the optical path of the detection light La between the 1st optical member 81 and the 2nd optical member 82 was filled with the liquid 50, it means that the optical path of the exposure light EL between the optical element 60 of a projection optical system PL and Substrate P was also filled with the liquid 50 as shown in drawing 12 (c). In this condition, since incidence of the detection light La injected from the projection system 71 is carried out to the light-receiving system 72 by optical predetermined reinforcement, it is judged that it is appropriate for a control unit CONT to judge that the immersion field AR was formed based on the output of the light-receiving system 72 of the focal detection system 70, and to start immersion exposure processing. The control unit CONT judged that it is appropriate to start immersion exposure processing starts the exposure of the exposure light EL, and performs exposure processing.

[0070]

By the way, although it deals with a control unit CONT suspending exposure processing of the substrate P etc. when gas parts, such as air bubbles 18 and the gas field AG, are detected all over the immersion field AR which includes the optical path of the exposure light EL by the focal detection system 70 during exposure of Substrate P, as mentioned above It is possible that the situation that the detection light La is not received by the light-receiving system 72 by optical predetermined reinforcement occurs in spite of filling the liquid 50 on the optical path of the exposure light EL, and in that case, although immersion exposure processing is possible, the inconvenience which suspends exposure processing arises. For example, as shown in the mimetic diagram of drawing 13, the detection light La3 irradiated by the clearance 58 between the edge section E of Substrate P and the plate member 57 prepared in the surroundings of Substrate P among two or more detection light La1-La5 on which it was projected from the projection system 71 of the focal detection system 70 produces dispersion, refraction, etc., and may not be received by the light-receiving system 72 by optical predetermined reinforcement. Here, it is the annular member concentrically prepared in Substrate P, the plate member 57 has become almost flat-tapped [ the top face of the plate member 57, and the top face of Substrate P ], by this plate member 57, also in case it carries out immersion exposure of near the edge section E of Substrate P, under the optical element 60 of a projection optical system PL, holds a liquid 50 and can maintain the configuration of the immersion field AR. And although the clearance 58 is formed between Substrate P and the plate member 57, in spite of forming the immersion

field AR good, light may not be received by the light-receiving system 72 by optical predetermined reinforcement, and, as for the detection light La3 irradiated by the clearance 58, the inconvenience to stop produces exposure processing based on the output of the light-receiving system 72, as for a control unit CONT. Moreover, although the configuration in which the plate member 57 be form be also consider, in spite of form a level difference between Substrate P and the substrate stage PST ( Z stage 51) in that case and form the immersion field AR on the substrate P near the edge section E, the detection light La3, La4, and La5 irradiate by the outside of Substrate P may not be receive by the light-receiving system 72 by optical predetermined reinforcement.

[0071]

In that case, a control device CONT controls exposure actuation based on the measurement result of the laser interferometer 55 (refer to drawing 1 ) which measures the location of the substrate stage PST which supports Substrate P, and the positional information of the edge section E of the substrate P in the stage system of coordinates specified with a laser interferometer 55 (clearance 58). Specifically in the time of the alignment processing before exposure processing etc., the control device CONT is memorized to Storage MRY beforehand in quest of the positional information of the edge section E of the substrate P in said stage system of coordinates (clearance 58). And a control unit CONT carries out exposure processing, measuring the positional information of Substrate P with a laser interferometer 55. It judges because, as for a control device CONT, the detection light La refers to the positional information of the edge section E of the substrate P memorized [ whether it irradiates and or not ] by Store MRY near the edge section E of the substrate P including a clearance 58 during exposure processing. And when it judges that the detection light La is irradiated by the clearance 58, for example, even if the situation which the quantity of light of the detection light La received by the light-receiving system 72 does not fall, or is not received arises, a control unit CONT disregards the output of the light-receiving system 72, and continues exposure processing. By carrying out like this, in spite of performing immersion exposure processing good, the inconvenience of suspending exposure processing is avoidable.

[0072]

Drawing 14 is drawing showing another operation gestalt of this invention. The characteristic part of this operation gestalt is the point that the optical members 81 and 82 which can penetrate the detection light La of the focal detection system 70 are formed by the optical element 60 of a projection optical system PL, and one. And among two or more detection light La injected from the projection system 71 of the focal detection system 70, a part or all the detection light La are formed so that some (point) optical elements 60 may be passed among two or more optical elements which constitute a projection optical system PL, and the focal detection system 70 projects the detection light La on Substrate P through the optical element 60. Also by such configuration, the focal detection system 70 can detect the existence of the gas part in the optical path of the exposure light EL. moreover -- the example shown in drawing 14 -- each of the soffit side (liquid contact surface) of the optical members 81 and 82 -- XY flat surface -- abbreviation -- it is an parallel flat side and is almost flat-tapped with the apical surface (soffit side) of an optical element 60. And the liquid 50 of the immersion field AR is formed so that it may stick to the soffit side of the optical members 81 and 82, and the soffit side of an optical element 60, and the immersion field AR is formed to a large field between a projection optical system PL and Substrate P.

[0073]

And like the above-mentioned operation gestalt, as shown in drawing 15 , when air bubbles 18 exist in the liquid 50 of the immersion field AR, the detection light La injected from the projection system 71 is received by the light-receiving system 72 in the condition of having fallen optical reinforcement in order to carry out dispersion etc. in air bubbles 18. Therefore, the focal detection system 70 can be based on the output of the light-receiving system 72, and can detect the existence of the air bubbles 18 in the optical path of the exposure light EL, and the optical path of the detection light La (gas part) among the immersion fields AR.

[0074]

In addition, also in this case, each of the optical members 81 and 82 may be the member which carried out mutually-independent, and it may be annularly formed by one so that the optical element 60 of the point of a projection optical system PL may be surrounded.

[0075]

As mentioned above, the liquid 50 in this operation gestalt is constituted by pure water. Pure water has an advantage without the adverse effect to a photoresist, an optical element (lens), etc. on Substrate P while being able to come to hand to a large quantity easily by a semi-conductor plant etc. Moreover, since the

content of an impurity is very low, pure water can also expect the operation which washes the front face of Substrate P, and the front face of an optical element established in the apical surface of a projection optical system PL, while not having an adverse effect to an environment.

[0076]

And when the refractive index  $n$  of the pure water(water) to the exposure light EL whose wavelength is about 193nm is called about 1.44 and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) is used as the light source of the exposure light EL, on Substrate P, it is short-wavelength-ized by  $1/n$ , i.e., about 134nm, and high resolution is obtained. Furthermore, when what is necessary is just to be able to secure the depth of focus comparable as the case where it is used in air since the depth of focus is expanded [  $be / it / under / air / comparing$  ] to about  $n$  times, i.e., about 1.44 times, it can make the numerical aperture of a projection optical system PL increase more, and its resolution improves also at this point.

[0077]

Although the lens 60 is attached at the head of a projection optical system PL with this operation gestalt, as 'an optical element attached at the head of a projection optical system PL, you may be the optical plate used for the optical property of a projection optical system PL, for example, adjustment of aberration (spherical aberration, comatic aberration, etc.). Or you may be the plane-parallel plate which can penetrate the exposure light EL. The optical element in contact with a liquid 50 by considering as a plane-parallel plate cheaper than a lens Even if the matter (for example, silicon system organic substance etc.) to which the permeability of a projection optical system PL, the illuminance of the exposure light EL on Substrate P, and the homogeneity of illuminance distribution are reduced in the time of haulage of Aligner EX, assembly, and adjustment etc. adheres to the plane-parallel plate There is an advantage that the exchange cost becomes low compared with the case where the optical element in contact with a liquid 50 is used as a lens that what is necessary is just to exchange the plane-parallel plate just before supplying a liquid 50. Namely, although it is necessary to exchange the optical element periodically since the front face of the optical element which originates in adhesion of the impurity in the scattering particle generated from a resist by the exposure of the exposure light EL or a liquid 50 etc., and contacts a liquid 50 becomes dirty By using this optical element as a cheap plane-parallel plate, compared with a lens, the cost of a substitute part can be low, and time amount which exchange takes can be shortened, and lifting of a maintenance cost (running cost) and lowering of a throughput can be suppressed.

[0078]

Moreover, when the pressure between the optical elements at the head of a projection optical system PL and Substrates P which are produced by the flow of a liquid 50 is large, the optical element may not be made exchangeable, but you may fix strongly so that an optical element may not move with the pressure.

[0079]

In addition, with this operation gestalt, although it is the configuration currently filled with the liquid 50 between a projection optical system PL and a substrate P front face, it may be the configuration of filling a liquid 50 where the cover glass which consists of a plane-parallel plate is attached in the front face of Substrate P, for example. And this cover glass also constitutes a part of projection optical system PL from this operation gestalt. That is, it sets in this operation gestalt and all the optical elements that exist on the optical path of the exposure light EL between Mask M and Substrate P are made into a projection optical system.

[0080]

In addition, although the liquid 50 of this operation gestalt is water, since this F2 laser beam does not penetrate water when the light source of for example, the exposure light EL which may be liquids other than water is F2 laser, you may be the fault polyether [ for example, ] fluoride (PFPE) and fluorine system oil which can penetrate F2 laser beam as a liquid 50 in this case. Moreover, if it considers as a liquid 50, there is permeability over the exposure light EL, a refractive index is high as much as possible, and it is also possible to use a stable thing (for example, cedar oil) to the photoresist applied to the projection optical system PL and the substrate P front face.

[0081]

In addition, especially the configuration of the nozzle mentioned above is not limited and may be made to perform supply or recovery of a liquid 50 with two pairs of nozzles in each above-mentioned operation gestalt about the long side of point 60A. In addition, in this case, in order to enable it to perform supply and recovery of a liquid 50 also from the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, it may compare with a supply nozzle and a recovery nozzle up and down, and you may arrange.

[0082]

In addition, as a substrate P of each above-mentioned operation gestalt, not only the semi-conductor wafer for semiconductor device manufacture but the glass substrate for display devices, the mask used with the ceramic wafer for the thin film magnetic heads or an aligner or the original edition (synthetic quartz, silicon wafer) of reticle, etc. is applied.

[0083]

Moreover, although the aligner which fills locally between a projection optical system PL and Substrates P with a liquid is adopted in an above-mentioned operation gestalt The immersion aligner to which the stage holding the substrate for [ which is indicated by JP,6-124873,A ] exposure is moved in a cistern, The liquid tub of the predetermined depth can be formed on a stage which is indicated by JP,10-303114,A, and this invention can be applied also to the immersion aligner which holds a substrate in it.

[0084]

It is applicable also to the projection aligner (stepper) of the step-and-repeat method which one-shot exposure of the pattern of Mask M is carried out [ method ] in the condition of having stood still Mask M and Substrate P other than the scanning aligner (scanning stepper) of step - which carries out the synchronized drive of Mask M and the substrate P, and carries out scan exposure of the pattern of Mask M as an aligner EX, and - scanning method, and carries out step migration of the substrate P one by one. Moreover, this invention can apply at least two patterns also to the aligner of step - imprinted in piles selectively and - SUTITCHI method on Substrate P.

[0085]

Moreover, this invention is applicable also to the aligner of the twin stage mold currently indicated by JP,10-163099,A, JP,10-214783,A, the \*\* table No. 505958 [ 2000 to ] official report, etc.

[0086]

As a class of aligner EX, it is not restricted to the aligner for semiconductor device manufacture which exposes a semiconductor device pattern to Substrate P, but can apply to the aligner for manufacturing an aligner, the thin film magnetic head, an image sensor (CCD), reticle or a mask for the object for liquid crystal display component manufacture, or display manufacture, etc. widely.

[0087]

When using a linear motor (USP5,623,853 or USP5,528,118 reference) for the substrate stage PST and a mask stage MST, whichever of the magnetic levitation mold using the air floatation mold and the Lorentz force, or the reactance force which the air bearing was used may be used. Moreover, the type which moves along with a guide is sufficient as each stages PST and MST, and they may be guide loess types which do not prepare a guide.

[0088]

The flat-surface motor which the magnet unit which has arranged the magnet to two dimensions, and the armature unit which has arranged the coil to two dimensions are made to counter as a drive of each stages PST and MST, and drives each stages PST and MST according to electromagnetic force may be used. In this case, what is necessary is to connect either of a magnet unit and an armature unit to Stages PST and MST, and just to establish another side of a magnet unit and an armature unit in the migration side side of Stages PST and MST.

[0089]

The reaction force generated by migration of the substrate stage PST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member as indicated by JP,8-166475,A (USP5,528,118), so that it may not get across to a projection optical system PL.

The reaction force generated by migration of a mask stage MST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member as indicated by JP,8-330224,A (US S/N 08/416,558), so that it may not get across to a projection optical system PL.

[0090]

as mentioned above, the aligner EX of this application operation gestalt -- this application -- it is manufactured by assembling the various subsystems containing each component mentioned to the claim so that a predetermined mechanical precision, electric precision, and optical precision may be maintained. In order to secure these various precision, before and after this assembly, adjustment for attaining electric precision is performed about the adjustment for attaining mechanical precision about the adjustment for attaining optical precision about various optical system, and various mechanical systems, and various electric systems. Like the assembler from various subsystems to an aligner, the mechanical connections between [ various ] subsystems, wiring connection of an electrical circuit, piping connection of an atmospheric-pressure circuit, etc. are included. It cannot be overemphasized that it is in the front like the

assembler from these various subsystems to an aligner like the assembler of each subsystem each. If it ends like the assembler to the aligner of various subsystems, comprehensive adjustment will be performed and the various precision as the whole aligner will be secured. In addition, as for manufacture of an aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0091]

As micro devices, such as a semiconductor device, are shown in drawing 16 With the aligner EX of step 201 which performs the function and engine-performance design of a micro device, step 202 which manufactures the mask (reticle) based on this design step, step 203 which manufactures the substrate which is the base material of a device, and the operation gestalt mentioned above It is manufactured through the exposure processing step 204 which exposes the pattern of a mask to a substrate, the device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included) 205, and inspection step 206 grade.

[Brief Description of the Drawings]

[0092]

[Drawing 1] It is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing physical relationship with the point of a projection optical system, a liquid feeder, and a liquid recovery system.

[Drawing 3] It is drawing showing the example of arrangement of a supply nozzle and a recovery nozzle.

[Drawing 4] It is the top view showing a cellular detector.

[Drawing 5] It is flow chart drawing showing an example of a cellular detection procedure.

[Drawing 6] It is the top view showing the shot field on a substrate.

[Drawing 7] It is drawing for explaining the detection light of a cellular detector.

[Drawing 8] It is drawing showing 1 operation gestalt of the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 9] It is a mimetic diagram for explaining the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the gas partial detection actuation by the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing the gas partial detection actuation by the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 12] It is drawing showing the gas partial detection actuation by the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 13] It is a mimetic diagram for explaining the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 14] It is drawing showing 1 operation gestalt of the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 15] It is drawing showing the gas partial detection actuation by the gas detection system concerning this invention.

[Drawing 16] It is flow chart drawing showing an example of the production process of a semiconductor device.

[Description of Notations]

[0093]

1 -- A liquid feeder, 2 -- A liquid recovery system, 20 -- Cellular detector (\*\*\*\* detection equipment), 21 [ -- Space, CONT / -- Control unit, ] -- The projection system, 22 -- A light-receiving system, 50 -- A liquid, 56

EX -- An aligner, PL -- A projection optical system, P -- Substrate

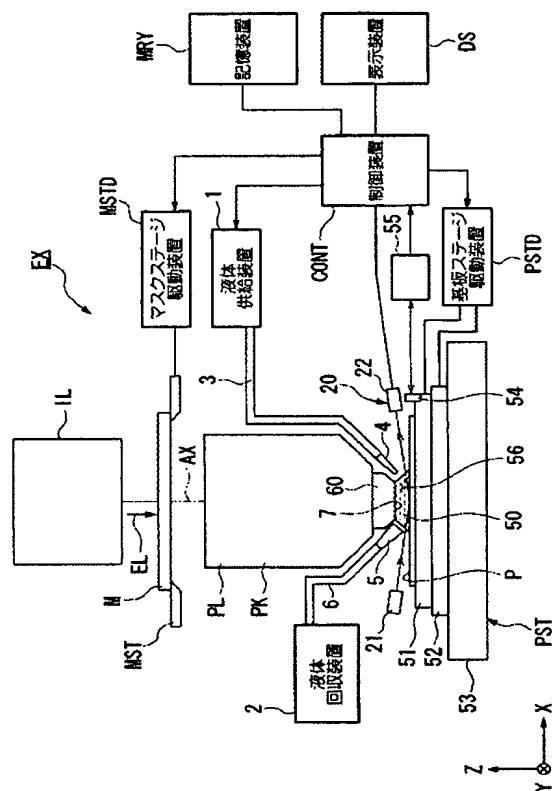
---

[Translation done.]

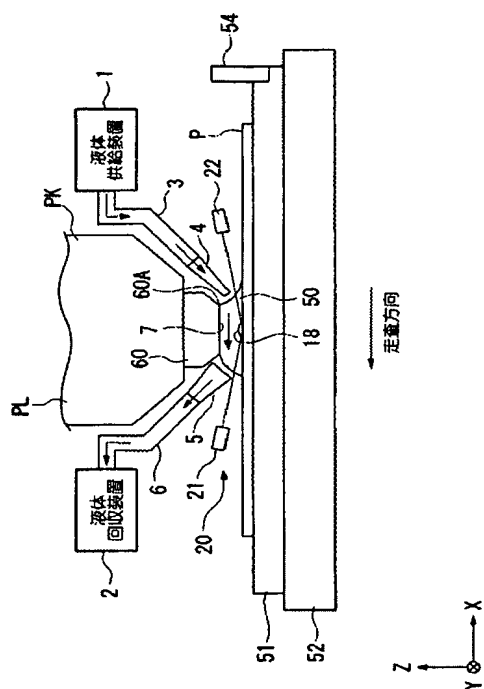
JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

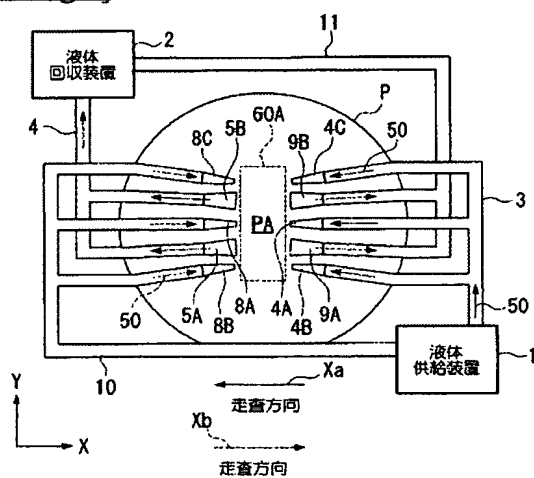
[Drawing 1]



[Drawing 2]

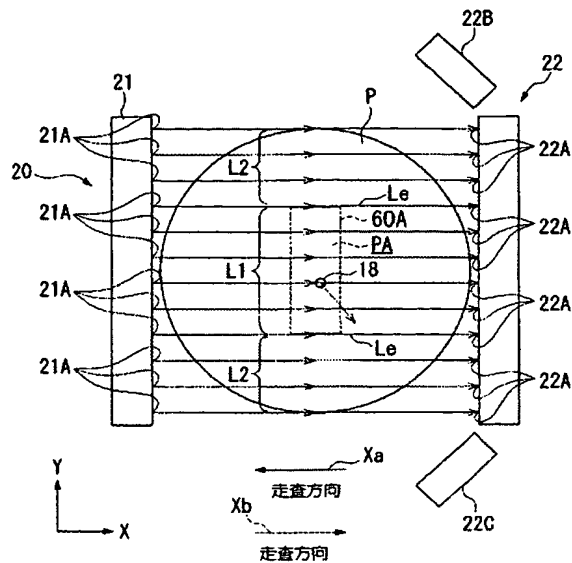


[Drawing 3]

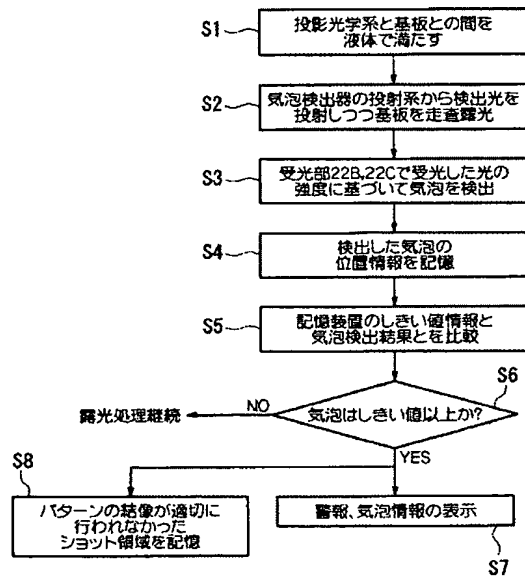


[Drawing 4]

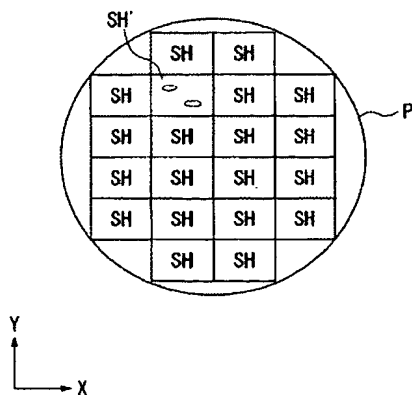




[Drawing 5]

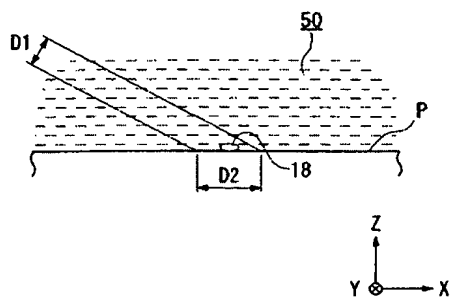


[Drawing 6]

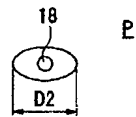


[Drawing 7]

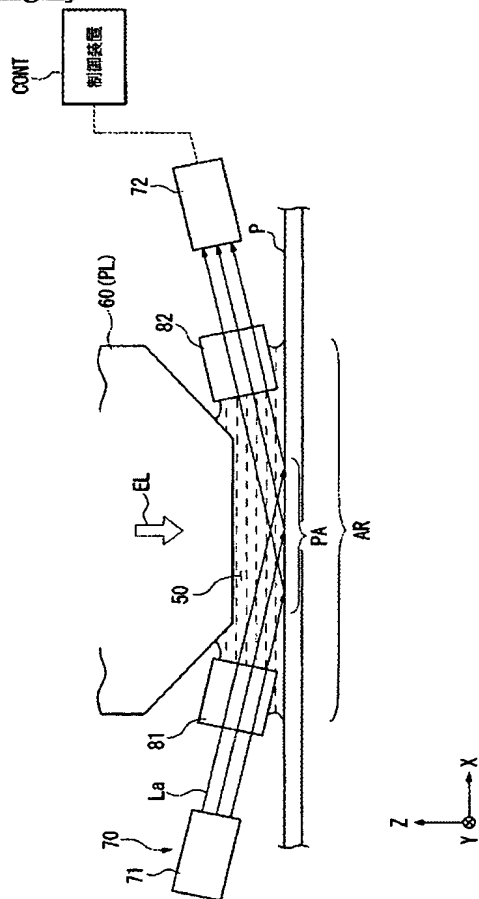
(a)



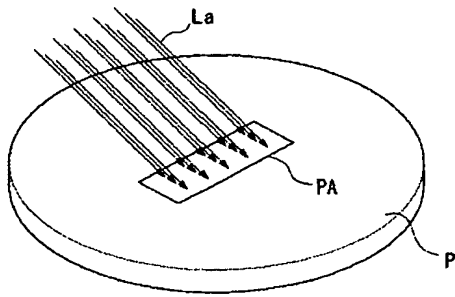
(b)



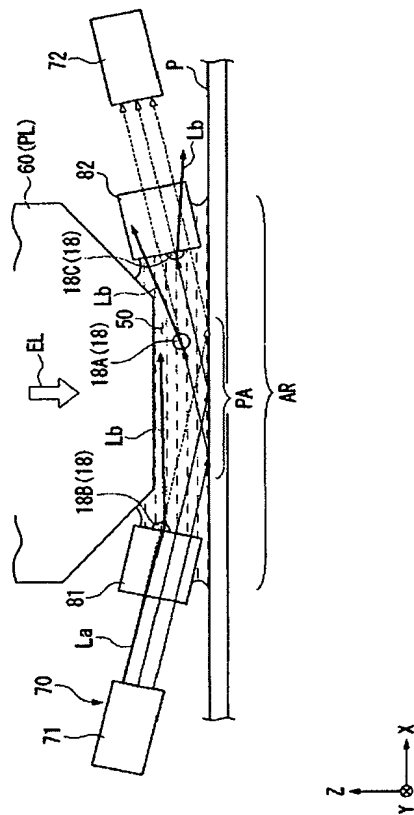
[Drawing 8]



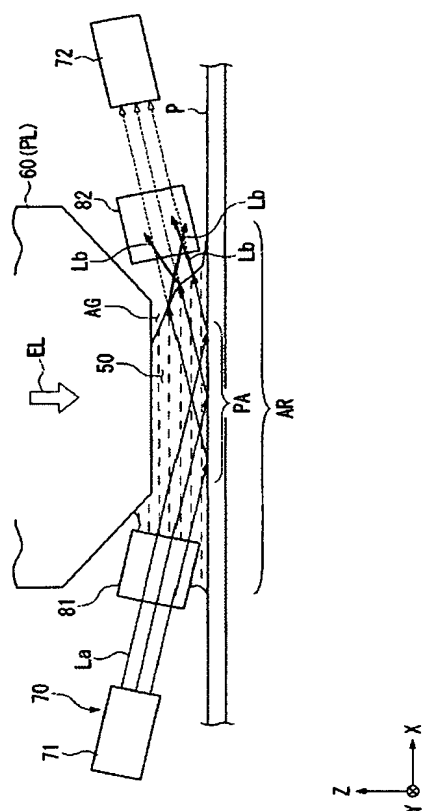
[Drawing 9]



[Drawing 10]

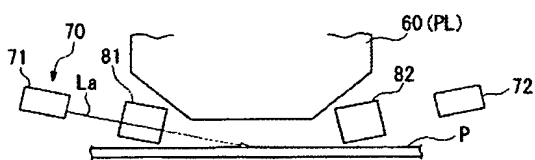


[Drawing 11]

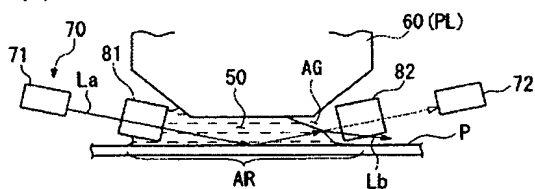


[Drawing 12]

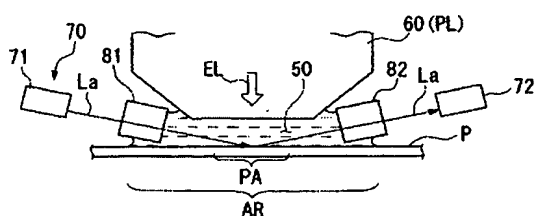
(a)



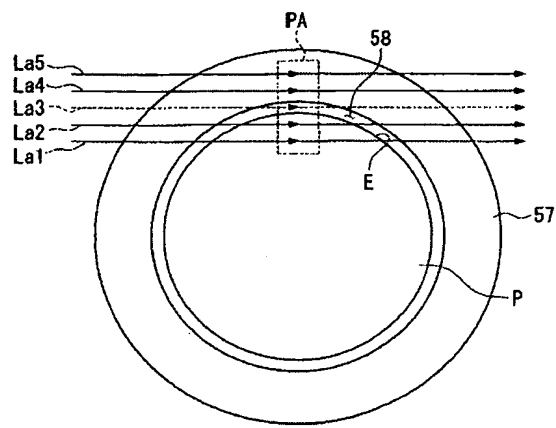
(b)



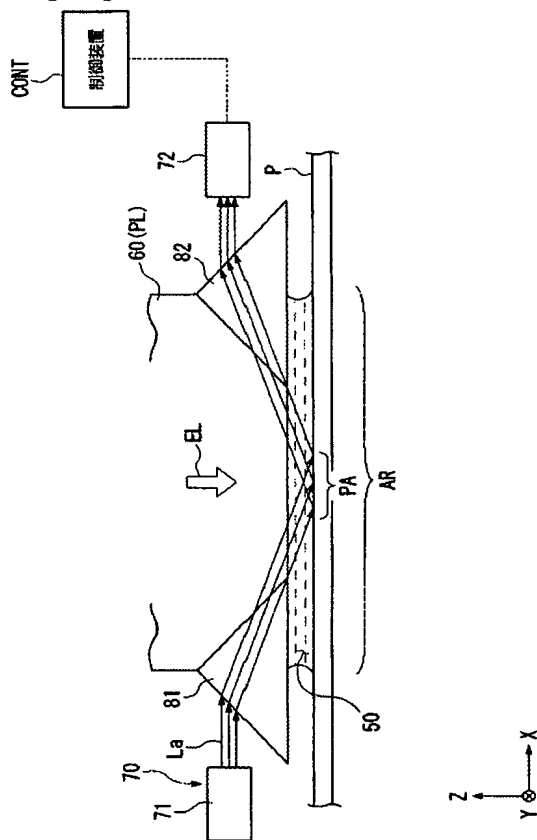
(c)



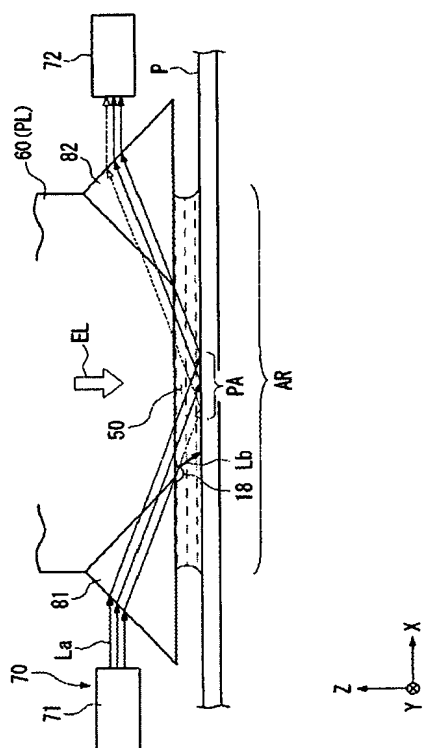
[Drawing 13]



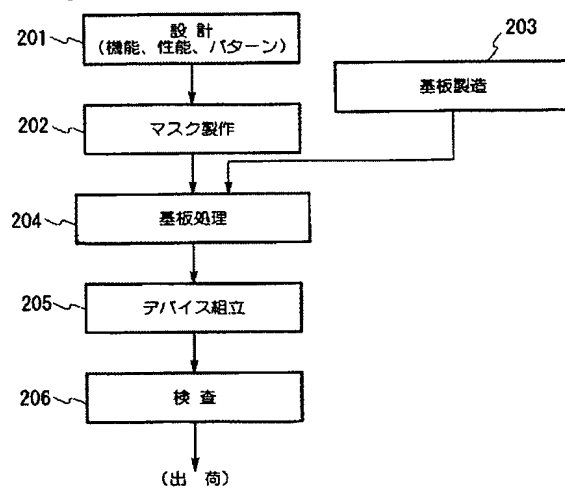
[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Drawing 16]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-207696

(P2004-207696A)

(43) 公開日 平成16年7月22日(2004.7.22)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

H01L 21/027  
G01N 21/85  
G03F 7/20  
// G01N 21/53

F1

H01L 21/30 515D  
G01N 21/85 B  
G03F 7/20 521  
H01L 21/30 516Z  
G01N 21/53 Z

テーマコード (参考)

2G051  
2G059  
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 27 OL (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2003-393858 (P2003-393858)  
(22) 出願日 平成15年11月25日 (2003.11.25)  
(31) 優先権主張番号 特願2002-357960 (P2002-357960)  
(32) 優先日 平成14年12月10日 (2002.12.10)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武  
(74) 代理人 100108578  
弁理士 高橋 昭男  
(74) 代理人 100101465  
弁理士 青山 正和  
(74) 代理人 100107836  
弁理士 西 和哉  
(72) 発明者 水谷 英夫  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

最終頁に続く

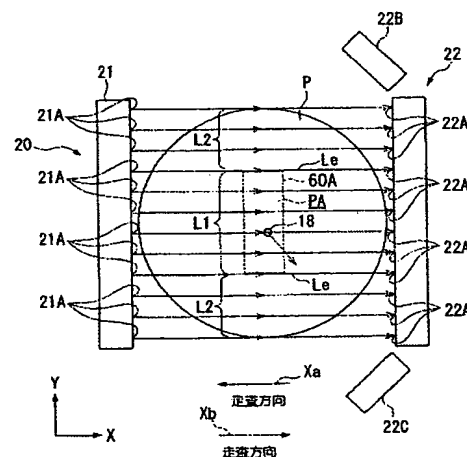
(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化を抑えることができる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置は、投影光学系と基板Pとの間の少なくとも一部を液体で満たし、投影光学系と液体とを介してパターン像を基板P上に投影することによって基板Pを露光するものであって、投影光学系と基板Pとの間の液体中の気泡を検出する気泡検出器20を備えている。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たし、前記投影光学系と前記液体とを介してパターンの像を基板上に投影することによって、前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系と前記基板との間の液体中の気泡を検出する気泡検出器を備えたことを特徴とする露光装置。

## 【請求項 2】

前記気泡検出器は、前記気泡を光学的に検出することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

## 【請求項 3】

前記気泡検出器は、前記液体に光を投射する投射系と、前記液体からの光を受光する受光系とを有することを特徴とする請求項 2 記載の露光装置。

## 【請求項 4】

前記基板は所定の走査方向に移動しながら走査露光され、

前記投射系は、前記投影光学系の光軸に対して前記走査方向に離れた位置から光を投射することを特徴とする請求項 3 記載の露光装置。

## 【請求項 5】

前記液体を供給する供給装置を備え、

前記液体は、前記走査露光中に、前記投影光学系と前記基板との間を前記走査方向と平行に流れることを特徴とする請求項 4 記載の露光装置。

## 【請求項 6】

前記気泡検出器は、前記受光系で検出される光の強度に基づいて、前記気泡の量を検知することを特徴とする請求項 3 ～ 5 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 7】

前記気泡検出器の検出結果に基づいて、前記基板の露光が適切に行われたか否かが判断されることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 8】

前記基板上の複数のショット領域のそれぞれの露光中に前記気泡検出器による気泡の検出を行い、

該検出結果に基づき、前記気泡により前記パターン像の結像が適切に行われなかったショット領域を記憶することを特徴とする請求項 7 記載の露光装置。

## 【請求項 9】

投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たし、前記投影光学系と前記液体とを介してパターン像を基板上に投影することによって、前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系と前記基板との間の少なくとも一部の液体が切れるのを検出する液切検出装置を備えることを特徴とする露光装置。

## 【請求項 10】

前記液切検出装置は、前記投影光学系と前記基板との間の液体が切れるのを光学的に検出することを特徴とする請求項 9 記載の露光装置。

## 【請求項 11】

前記液切検出装置は、前記液体に光を投射する投射系と、前記液体からの光を受光する受光系とを有することを特徴とする請求項 10 記載の露光装置。

## 【請求項 12】

前記液切検出装置は、前記液体からの光の前記受光系への非入射により前記液体が切れるのを検出することを特徴とする請求項 11 記載の露光装置。

## 【請求項 13】

投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、

10

20

30

40

50



前記露光光の光路中における気体部分の有無を検出する気体検出系を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 14】

前記気体検出系は、前記露光光の光路中の気泡を検出することを特徴とする請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

前記気体検出系は、前記露光光の光路が液体で満たされているか否かを検出することを特徴とする請求項 13 又は 14 記載の露光装置。

【請求項 16】

前記気体検出系の出力に基づいて、前記基板の露光開始の適否を判断することを特徴とする請求項 13 ～ 15 のいずれか一項記載の露光装置。 10

【請求項 17】

前記気体検出系は、前記基板の露光中に前記露光光の光路中の気体の有無を検出することを特徴とする請求項 13 ～ 16 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 18】

前記気体検出系は、前記気体部分を光学的に検出することを特徴とする請求項 13 ～ 17 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 19】

前記気体検出系は、前記基板上の液体を介して検出光を前記基板上に投射するとともに、その反射光を受光することによって、前記基板の面位置を検出する面位置検出機能を備えていることを特徴とする請求項 18 記載の露光装置。 20

【請求項 20】

投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、

前記基板上の液体を介して前記基板上に検出光を投射するとともに、前記基板上で反射した検出光を受光して、前記基板の面位置を検出する面位置検出系を備え、

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中における気体部分の有無を検出することを特徴とする露光装置。

【請求項 21】

前記検出光は、前記露光光の光路を通過することを特徴とする請求項 20 記載の露光装置。 30

【請求項 22】

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中の気泡を検出することを特徴とする請求項 20 又は 21 記載の露光装置。

【請求項 23】

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記基板の露光開始の適否を判断することを特徴とする請求項 20 ～ 22 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 24】

前記面位置検出系の出力に基づいて、前記基板の露光中に、前記検出光の光路中の気体の有無を検出することを特徴とする請求項 20 ～ 23 のいずれか一項記載の露光装置。 40

【請求項 25】

前記面位置検出系は、前記基板上に複数の検出光を投射することを特徴とする請求項 20 ～ 24 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 26】

前記面位置検出系は、前記投影光学系の一部の光学部材を介して前記検出光を前記基板上に投射することを特徴とする請求項 20 ～ 25 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 27】

請求項 1 ～ 請求項 26 のいずれか一項記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、投影光学系と基板との間の少なくとも一部を液体で満たした状態で投影光学系を介して基板にパターンを露光する露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、いわゆるフォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短くなるほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用される露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は、KrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度δはそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、λは露光波長、NAは投影光学系の開口数、k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長λを短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度δが狭くなることが分かる。

## 【0003】

焦点深度δが狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のマージンが不足する恐れがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たし、液体中での露光光の波長が、空気中の1/n(nは液体の屈折率で通常1.2～1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約n倍に拡大するというものである。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

液浸法により露光処理を行う場合、投影光学系と基板との間の液体中(特に、基板の表面)に気泡などの気体部分が存在すると、この気泡(気体部分)により基板上に形成されるパターン像が劣化する恐れがある。例えば、気泡は、供給されている液体に含まれている場合だけでなく、その供給後に液体中で発生する可能性もある。そのようなパターンの像の結像不良を放置しておくと、最終的なデバイスになってから不良品として発見することになり、デバイス生産性の低下を招く恐れがある。

## 【0005】

また、液浸法に基づく露光処理を行う際、投影光学系と基板との間に液体を供給する液体供給装置が動作不能となる等、なんらかの原因で投影光学系と基板との間の少なくとも一部に液体が満たされない状態が生じて気体部分が形成される場合が考えられる。すなわち、パターンの像のすべて、あるいは一部が液体を介さずに基板上に投影されてしまう恐れがある。この場合、パターンの像が基板上で結像しない可能性があり、放置しておくと、最終的なデバイスになるまで不良であることが発見できず、生産性の低下を招く恐れがある。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

また、液浸法を用いる場合には、投影光学系の像面側の液体を介して各種の計測を行う場合があるが、投影光学系の像面側に気体部分が存在し、十分に液体で満たされていないと、計測誤差が発生したり、計測不能状態に陥る可能性もある。

## 【 0 0 0 7 】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、液浸法を用いる場合にも、生産性の低下を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化などを検知できる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、投影光学系と基板との間に液体が満たされないことに起因する生産性の低下を抑えることができる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。また、本発明は、液浸法を用いる場合にも、露光不良や計測不良などの発生を抑えることのできる露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

## 【 発明を解決するための手段 】

## 【 0 0 0 8 】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図 1 ～図 1 6 に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置 ( E X ) は、投影光学系 ( P L ) と基板 ( P ) との間の少なくとも一部を液体 ( 5 0 ) で満たし、投影光学系 ( P L ) と液体 ( 5 0 ) とを介してパターンの像を基板 ( P ) 上に投影することによって、基板 ( P ) を露光する露光装置において、投影光学系 ( P L ) と基板 ( P ) との間の液体 ( 5 0 ) 中の気泡を検出する気泡検出器 ( 2 0 ) を備えたことを特徴とする。

また、本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置 ( E X ) を用いることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、気泡検出器により投影光学系と基板との間の液体中の気泡を検出することで、パターン転写精度に大きく係わる部分である投影光学系と基板との間の液体中の気泡に関する情報を検出することができる。したがって、この検出結果に基づいて露光不良 ( 不良ショット ) を把握できるため、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。

## 【 0 0 1 0 】

本発明の露光装置 ( E X ) は、投影光学系 ( P L ) と基板 ( P ) との間の少なくとも一部を液体 ( 5 0 ) で満たし、投影光学系 ( P L ) と液体 ( 5 0 ) とを介してパターンの像を基板 ( P ) 上に投影することによって、基板 ( P ) を露光する露光装置において、投影光学系 ( P L ) と基板 ( P ) との間の少なくとも一部の液体 ( 5 0 ) が切れるのを検出する液切検出装置 ( 2 0 ) を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、液切検出装置により投影光学系と基板との間の液体が切れたかどうかを検出することができる。したがって、この検出結果に基づいて露光不良や不良ショットの発生を早期に把握することができ、液切れに起因する不良デバイスを発生させないための適切な処置を施すことができる。例えば、水切れが検出された場合には、その水切れが解消してから露光を行うようにすることで、露光不良や不良ショットの発生を抑えることができる。

## 【 0 0 1 2 】

本発明の露光装置は、投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、前記露光光の光路中における気体部分の有無を検出する気体検出系を備えたことを特徴とする。

## 【 0 0 1 3 】

本発明によれば、気体検出系で露光光の光路中における気体部分の有無を検出すること

10

20

30

40

50

で、例えば、基板の露光中に、その気体部分に起因してパターン像の結像不良や不良ショットが生じたか否かを把握することができ、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、露光光の光路中に、気体部分が無いことを確認してから、基板の露光を開始できるため、不良デバイスの発生を抑えることもできる。

#### 【 0 0 1 4 】

本発明の露光装置は、投影光学系と液体とを介して露光光を基板に照射して前記基板を露光する露光装置において、前記基板上の液体を介して前記基板上に検出光を投射するとともに、前記基板上で反射した検出光を受光して、前記基板の面位置を検出する面位置検出系を備え、前記面位置検出系の出力に基づいて、前記検出光の光路中における気体部分の有無を検出することを特徴とする。

10

#### 【 0 0 1 5 】

本発明によれば、液体を介して基板の面位置情報を検出する面位置検出系を使って、その検出光の光路中における気体部分の有無を検出することで、例えば、基板の露光中に、その気体部分に起因してパターン像の結像不良や不良ショットが生じたか否かを把握することができ、高いデバイス生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。また、面位置検出系を気体部分の有無を検出する気体検出系と兼用することで、装置構成を複雑化することなく気体部分の有無を検出することができる。

#### 【 発明の効果 】

#### 【 0 0 1 6 】

本発明によれば、液浸法に基づいて露光処理する際、気泡検出器や気体検出系によりパターン転写精度に大きく係わる部分である投影光学系と基板との間の液体中の気泡を含む気体部分を検出することができる。また、投影光学系と基板との間の液体が切れたかどうか、また、投影光学系の像面側が露光や計測に十分な液体で満たされているかを検出することもできる。したがって、この検出結果に基づいて良好な生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。

#### 【 発明を実施するための最良の形態 】

#### 【 0 0 1 7 】

以下、本発明の露光装置及びデバイス製造方法について図面を参照しながら説明する。図 1 は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図 1 において、露光装置 EX は、マスク M を支持するマスクステージ MST と、基板 P を支持する基板ステージ PST と、マスクステージ MST に支持されているマスク M を露光光 EL で照明する照明光学系 IL と、露光光 EL で照明されたマスク M のパターンの像を基板ステージ PST に支持されている基板 P に投影露光する投影光学系 PL と、露光装置 EX 全体の動作を統括制御する制御装置 CONT と、制御装置 CONT に接続され、露光処理に関する情報を記憶する記憶装置 MRY と、露光処理に関する情報を表示する表示装置 DS とを備えている。

#### 【 0 0 1 8 】

ここで、本実施形態では、露光装置 EX としてマスク M と基板 P とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスク M に形成されたパターンを基板 P に露光する走査型露光装置（所謂スキヤニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系 PL の光軸 AX と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でマスク M と基板 P との同期移動方向（走査方向）を X 軸方向、Z 軸方向及び Y 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわり方向をそれぞれ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、及び  $\theta Z$  方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

#### 【 0 0 1 9 】

照明光学系 IL は、マスクステージ MST に支持されているマスク M を露光光 EL で照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光 EL を集光するコン

50

デンサレンズ、リレーレンズ系、露光光 E L によるマスク M 上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスク M 上の所定の照明領域は照明光学系 I L により均一な照度分布の露光光 E L で照明される。照明光学系 I L から射出される露光光 E L としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線 (g 線、h 線、i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 (波長 248 nm) 等の遠紫外光 (D U V 光) や、A r F エキシマレーザ光 (波長 193 nm) 及び F<sub>2</sub> レーザ光 (波長 157 nm) 等の真空紫外光 (V U V 光) などが用いられる。本実施形態では、A r F エキシマレーザ光を用いる。

#### 【0020】

マスクステージ M S T は、マスク M を支持するものであって、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び  $\theta$  Z 方向に微小回転可能である。マスクステージ M S T はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置 M S T D により駆動される。マスクステージ駆動装置 M S T D は制御装置 C O N T により制御される。マスクステージ M S T 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 M S T D を駆動することでマスクステージ M S T に支持されているマスク M の位置決めを行う。

#### 【0021】

投影光学系 P L は、マスク M のパターンを所定の投影倍率  $\beta$  で基板 P に投影露光するものであって、複数の光学素子 (レンズ) で構成されており、これら光学素子は金属部材としての鏡筒 P K で支持されている。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率  $\beta$  が例えば 1/4 あるいは 1/5 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系 P L の先端側 (基板 P 側) には、光学素子 (レンズ) 60 が鏡筒 P K より露出している。この光学素子 60 は鏡筒 P K に対して着脱 (交換) 可能に設けられている。

#### 【0022】

基板ステージ P S T は、基板 P を支持するものであって、基板 P を基板ホルダを介して保持する Z ステージ 51 と、Z ステージ 51 を支持する X Y ステージ 52 と、X Y ステージ 52 を支持するベース 53 とを備えている。基板ステージ P S T はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 P S T D により駆動される。基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。Z ステージ 51 を駆動することにより、Z ステージ 51 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置 (フォーカス位置)、及び  $\theta$  X、 $\theta$  Y 方向における位置が制御される。また、X Y ステージ 52 を駆動することにより、基板 P の X Y 方向における位置 (投影光学系 P L の像面と実質的に平行な方向の位置) が制御される。すなわち、Z ステージ 51 は、基板 P のフォーカス位置及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込み、X Y ステージ 52 は基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。なお、Z ステージと X Y ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

#### 【0023】

基板ステージ P S T (Z ステージ 51) 上には移動鏡 54 が設けられている。また、移動鏡 54 に対向する位置にはレーザ干渉計 55 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 55 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 55 の計測結果に基づいて基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。

#### 【0024】

本実施形態では、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに、焦点深度を実質的に広くするために、液浸法を適用する。そのため、少なくともマスク M のパターンの像を基板 P 上に転写している間は、基板 P の表面と投影光学系 P L の基板 P 側の光学素子 (レンズ) 60 の先端面 (下面) 7 との間に所定の液体 50 が満たされる。上述したように、投影光学系 P L の先端側にはレンズ 60 が露出しており、液体 50 はレンズ 60 の

みに接触するように構成されている。これにより、金属からなる鏡筒 P K の腐蝕等が防止されている。本実施形態において、液体 5 0 には純水が用いられる。純水は、A r F エキシマレーザ光のみならず、露光光 E L を例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線 ( g 線、h 線、i 線) 及び K r F エキシマレーザ光 ( 波長 2 4 8 n m ) 等の遠紫外光 ( D U V 光) とした場合、この露光光 E L を透過可能である。

#### 【 0 0 2 5 】

露光装置 E X は、投影光学系 P L の先端面 ( レンズ 6 0 の先端面) 7 と基板 P との間の空間 5 6 に所定の液体 5 0 を供給する液体供給装置 1 と、空間 5 6 の液体 5 0 を回収する液体回収装置 2 とを備えている。液体供給装置 1 は、投影光学系 P L と基板 P との間の少なくとも一部を液体 5 0 で満たすためのものであって、液体 5 0 を収容するタンク、加圧ポンプなどを備えている。液体供給装置 1 には供給管 3 の一端部が接続され、供給管 3 の他端部には供給ノズル 4 が接続されている。液体供給装置 1 は供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に液体 5 0 を供給する。液体供給装置 1 は、空間 5 6 に供給する液体 5 0 の温度を、例えば露光装置 E X が収容されているチャンバ内の温度 ( 例えば 2 3 ℃ ) と同程度に設定する。

#### 【 0 0 2 6 】

液体回収装置 2 は、吸引ポンプ、回収した液体 5 0 を収容するタンクなどを備えている。液体回収装置 2 には回収管 6 の一端部が接続され、回収管 6 の他端部には回収ノズル 5 が接続されている。液体回収装置 2 は回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して空間 5 6 の液体 5 0 を回収する。空間 5 6 に液体 5 0 を満たす際、制御装置 C O N T は液体供給装置 1 を駆動し、供給管 3 及び供給ノズル 4 を介して空間 5 6 に対して単位時間当たり所定量の液体 5 0 を供給するとともに、液体回収装置 2 を駆動し、回収ノズル 5 及び回収管 6 を介して単位時間当たり所定量の液体 5 0 を空間 5 6 より回収する。これにより、投影光学系 P L の先端面 7 と基板 P との間の空間 5 6 に液体 5 0 が配置される。

#### 【 0 0 2 7 】

露光装置 E X は、投影光学系 P L と基板 P との間の空間 5 6 の液体 5 0 中の気泡を検出する気泡検出器 2 0 を備えている。気泡検出器 2 0 は液体 5 0 中の気泡を光学的に検出するものであって、空間 5 6 の液体 5 0 に検出光を投射する投射系 2 1 と、空間 5 6 の液体 5 0 からの検出光を受光する受光系 2 2 とを備えている。投射系 2 1 は検出光を基板 P の表面に対して傾斜方向から投射することにより、空間 5 6 の液体 5 0 に検出光を投射する。投射系 2 1 は、投影光学系 P L の光軸 A X に対して基板 P の走査方向である X 軸方向に離れた位置から検出光を基板 P の表面に対して投射する。本実施形態では、投射系 2 1 は投影光学系 P L の光軸 A X に対して - X 方向に離れた位置に設けられ、受光系 2 2 は投影光学系 P L の光軸 A X に対して + X 方向に離れた位置に設けられている。

#### 【 0 0 2 8 】

図 2 は、露光装置 E X の投影光学系 P L の下部、液体供給装置 1、及び液体回収装置 2 などを示す正面図である。図 2 において、投影光学系 P L の最下端のレンズ 6 0 は、先端部 6 0 A が走査方向に必要な部分だけを残して Y 軸方向 ( 非走査方向) に細長い矩形状に形成されている。走査露光時には、先端部 6 0 A の直下の矩形の投影領域 P A にマスク M の一部のパターン像が投影され、投影光学系 P L に対して、マスク M が - X 方向 ( 又は + X 方向) に速度 V で移動するのに同期して、X Y ステージ 5 2 を介して基板 P が + X 方向 ( 又は - X 方向) に速度  $\beta \cdot V$  (  $\beta$  は投影倍率) で移動する。そして、1 つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板 P の走査方向と平行に液体 5 0 を流すように設定されている。

#### 【 0 0 2 9 】

図 3 は、投影光学系 P L のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A と、液体 5 0 を X 軸方向に供給する供給ノズル 4 ( 4 A ~ 4 C ) と、液体 5 0 を回収する回収ノズル 5 ( 5 A、5 B ) との位置関係を示す図である。図 3 において、レンズ 6 0 の先端部 6 0 A の形状は Y 軸方向に

10

20

30

40

50

細長い矩形状となっており、投影光学系 P L のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A を X 軸方向に挟むように、+ X 方向側に 3 つの供給ノズル 4 A ~ 4 C が配置され、- X 方向側に 2 つの回収ノズル 5 A、5 B が配置されている。そして、供給ノズル 4 A ~ 4 C は供給管 3 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 5 A、5 B は回収管 4 を介して液体回収装置 2 に接続されている。また、供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 5 A、5 B とをほぼ 180° 回転した配置に、供給ノズル 8 A ~ 8 C と、回収ノズル 9 A、9 B とが配置されている。供給ノズル 4 A ~ 4 C と回収ノズル 9 A、9 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C と回収ノズル 5 A、5 B とは Y 軸方向に交互に配列され、供給ノズル 8 A ~ 8 C は供給管 10 を介して液体供給装置 1 に接続され、回収ノズル 9 A、9 B は回収管 11 を介して液体回収装置 2 に接続されている。

10

#### 【 0 0 3 0 】

なお、矢印 X a (図 3 参照) で示す走査方向 (- X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 3、供給ノズル 4 A ~ 4 C、回収管 4、及び回収ノズル 5 A、5 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が - X 方向に移動する際には、供給管 3 及び供給ノズル 4 (4 A ~ 4 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 5 (5 A、5 B)、及び回収管 6 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように - X 方向に液体 5 0 が流れる。一方、矢印 X b で示す走査方向 (+ X 方向) に基板 P を移動させて走査露光を行う場合には、供給管 10、供給ノズル 8 A ~ 8 C、回収管 11、及び回収ノズル 9 A、9 B を用いて、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 により液体 5 0 の供給及び回収が行われる。すなわち、基板 P が + X 方向に移動する際には、供給管 10 及び供給ノズル 8 (8 A ~ 8 C) を介して液体供給装置 1 から液体 5 0 が投影光学系 P L と基板 P との間に供給されるとともに、回収ノズル 9 (9 A、9 B)、及び回収管 11 を介して液体 5 0 が液体回収装置 2 に回収され、レンズ 6 0 と基板 P との間を満たすように + X 方向に液体 5 0 が流れる。このように、制御装置 C O N T は、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を用いて、基板 P の移動方向に沿って基板の移動方向と同一方向に液体 5 0 を流す。この場合、例えば液体供給装置 1 から供給ノズル 4 を介して供給される液体 5 0 は基板 P の - X 方向への移動に伴って空間 5 6 に引き込まれるようにして流れるので、液体供給装置 1 の供給エネルギーが小さくても液体 5 0 を空間 5 6 に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体 5 0 を流す方向を切り替えることにより、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向に基板 P を走査する場合にも、レンズ 6 0 の先端面 7 と基板 P との間を液体 5 0 で満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

20

30

#### 【 0 0 3 1 】

図 4 は、気泡検出器 2 0 の概略構成を示す平面図である。投射系 2 1 及び受光系 2 2 は投影光学系 P L のレンズ 6 0 の先端部 6 0 A、すなわち投影光学系 P L の基板 P 上における投影領域 P A を X 軸方向に挟むように設けられている。投射系 2 1 は、Y 軸方向に並ぶ複数の投射部 2 1 A を有しており、投射部 2 1 A のそれぞれから基板 P に対して検出光が投射される。複数の投射部 2 1 A から投射される検出光の基板 P 表面に対する入射角度はそれぞれ同じ角度に設定されている。受光系 2 2 は、投射系 2 1 の投射部 2 1 A に対応する複数の受光部 2 2 A を有している。投射部 2 1 A のそれぞれから投射された検出光は、液体中に気泡がなければ液体 5 0 を通過して基板 P の表面で反射し、受光部 2 2 A に受光される。

40

#### 【 0 0 3 2 】

また、受光系 2 2 は、投射系 2 1 からの検出光が直接入射しない位置に配置された受光部 2 2 B、2 2 C を有しており、投射系 2 1 からの検出光が液体中の気泡に当たって反射する散乱光は、その受光部 2 2 B、2 2 C で受光 (暗視野検出) される。

#### 【 0 0 3 3 】

投射系 2 1 から投射される複数の検出光のうち、一部の検出光 L 1 は基板 P 上のうちレンズ 6 0 の先端部 6 0 A に対応する領域 (投影光学系 P L の投影領域 P A) に投射される

50

ようになっている。残りの一部の検出光 L 2 は投影領域 P A の Y 軸方向両外側の領域に投射されるようになっている。そして、投射系 2 1 は、複数の検出光のうち少なくとも一部の検出光 L e を投影領域 P A の Y 軸方向における境界部近傍に対して投射する。ここで、レンズ 6 0 の先端部 6 0 A と基板 P との間、すなわち基板 P 上の投影領域 P A に対応する部分に液体供給装置 1 より液体 5 0 が供給されるため、この投影領域 P A に対応する部分が液浸部分となっている。

#### 【 0 0 3 4 】

図 7 ( a ) は、基板 P の表面に付着している気泡 1 8 に対して検出光が照射される状態を側方から見た模式図、図 7 ( b ) は図 7 ( a ) の平面図である。

図 7 ( a ) に示すように、例えば検出光がスポット光であってその光束の径が D 1 である場合、検出光を基板 P に対して傾斜方向から投射することにより、基板 P 上における検出光は図 7 ( b ) に示すように X 軸方向 ( 走査方向 ) を長手方向とする楕円状となる。検出光の基板 P 上における楕円状の検出領域の長手方向の大きさ D 2 は上記径 D 1 より大きい。すなわち、例えば検出光を基板 P の表面に対して垂直方向から照射した場合は検出光の検出領域の X 軸方向における大きさは D 1 となるが、傾斜方向から検出光を照射することで、X 軸方向において D 1 より大きい D 2 の検出領域で気泡 1 8 を検出することができる。したがって、X 軸方向に走査する基板 P 上の気泡 1 8 を検出する際、気泡 1 8 は径 D 1 の検出領域に比べてより広い検出領域で検出されることになり、気泡検出器 2 0 は気泡 1 8 の検出精度を向上することができる。なお、ここでは検出光をスポット光として説明したが、検出光がスリット光であっても同様の効果が得られる。

#### 【 0 0 3 5 】

次に、上述した構成を有する露光装置 E X を用いてマスク M のパターンを投影光学系 P L 及び液体 5 0 を介して基板 P に露光する手順について図 5 のフローチャート図を参照しながら説明する。

マスク M がマスクステージ M S T にロードされるとともに、基板 P が基板ステージ P S T にロードされたら、制御装置 C O N T は液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を駆動し、空間 5 6 に対する液体供給動作を開始する。これにより、投影光学系 P L の下面 7 ( 先端部 6 0 A ) と基板 P の投影領域 P A との間に液体 5 0 が満たされる ( ステップ S 1 ) 。

#### 【 0 0 3 6 】

次いで、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を駆動して基板 P を X 軸方向に走査しつつ、照明光学系 I L からの露光光 E L でマスク M を照明し、マスク M のパターンを投影光学系 P L 及び液体 5 0 を介して基板 P に投影する。これと同時に、制御装置 C O N T は投射系 2 1 より検出光を基板 P に対して傾斜方向から投射する ( ステップ S 2 ) 。

制御装置 C O N T は基板 P 表面の Z 軸方向における位置を検出しつつ基板 P に対して露光処理する。

#### 【 0 0 3 7 】

投射系 2 1 から基板 P に投射された検出光は空間 5 6 に満たされている液体 5 0 中を通過し、基板 P 上の投影領域に投射される。ここで、図 4 に示すように、投影領域内の基板 P の表面に気泡 1 8 が存在 ( 付着 ) している場合、気泡 1 8 に投射された検出光は散乱する。気泡 1 8 に投射された検出光の一部が散乱することで、通常では検出されない強い光が受光部 2 2 B 、 2 2 C に入射し、この検出光に対応する受光部 2 2 A に受光される光強度が低下する。受光部 2 2 A 、 2 2 B 、 2 2 C の検出結果は制御装置 C O N T に出力され、制御装置 C O N T はこの受光系 2 2 で検出される光の強度に基づいて、基板 P 上に気泡が存在するか否かを検出する ( ステップ S 3 ) 。

#### 【 0 0 3 8 】

ここで、制御装置 C O N T は、受光部 2 2 B 、 2 2 C で検出される光の強度に基づいて気泡 1 8 の大きさや量を求めることができる。例えば、小さい気泡はより大きな角度で光を散乱するので、制御装置 C O N T は、受光部 2 2 B 、 2 2 C の検出結果に基づいて、気泡 1 8 からの散乱光の方向を求めることにより、気泡 1 8 の大きさを求めることができる。更に、受光した光の強度を検出することで基板 P 上の単位面積当たりの気泡 1 8 の量を



求めることもできる。

#### 【 0 0 3 9 】

このとき、基板 P の X Y 方向の位置はレーザ干渉計 5 5 の計測結果より特定されるとともに、気泡 1 8 に投射された検出光を受光した受光部 2 2 A の Y 軸方向における設置位置も設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置 C O N T は、レーザ干渉計 5 5 の計測結果及び受光する光の強度が低下した受光部 2 2 A の設置位置に関する情報に基づいて、基板 P 上において気泡 1 8 が存在する位置を特定することができる。気泡 1 8 が存在する位置を特定したら、制御装置 C O N T はこの気泡 1 8 の位置情報を記憶装置 M R Y に記憶する（ステップ S 4）。

#### 【 0 0 4 0 】

そして、制御装置 C O N T は基板 P を X 軸方向に走査しつつ基板 P に対して検出光を投射することで、気泡 1 8 の存在の有無や気泡の量など、ショット領域のそれぞれについての気泡 1 8 に関する情報を検出することができる。

#### 【 0 0 4 1 】

ここで、記憶装置 M R Y には、基板 P に対して所望のパターン転写精度でパターンが転写されるかどうかの気泡 1 8 に関するしきい値情報が記憶されている。このしきい値は、気泡 1 8 の大きさに関するしきい値、あるいは 1 つのショット領域についての気泡 1 8 の量（数）に関するしきい値を含む。制御装置 C O N T は、記憶装置 M R Y に記憶されているしきい値情報と、気泡検出器 2 0 による気泡検出結果とを比較する（ステップ S 5）。

#### 【 0 0 4 2 】

制御装置 C O N T は、気泡検出器 2 0 による気泡検出結果が前記しきい値以上であるかどうかを判別する（ステップ S 6）。

例えば、径の小さい気泡 1 8 が液体 5 0 中を僅かに浮遊している場合など、気泡 1 8 が液体中に存在していても所望のパターン転写精度を得られる場合がある。そこで、気泡 1 8 の量及び大きさに関するしきい値を予め求めておき、気泡検出結果が前記しきい値以下であれば基板 P の露光を適切に行うことができると判断できる。すなわち、制御装置 C O N T は、記憶装置 M R Y に記憶されている気泡に関するしきい値情報を参照し、気泡検出器 2 0 の検出結果に基づいて、基板 P の露光が適切に行われたか否かを判断する。なお、前記しきい値は例えば予め実験的に求めることができ、記憶装置 M R Y に記憶されている。

#### 【 0 0 4 3 】

気泡 1 8 が上記しきい値以下であると判断したら、つまり基板 P の露光が適切に行われると判断したら、制御装置 C O N T は露光処理を継続する。一方、気泡 1 8 が上記しきい値以上であると判断したら、つまり、気泡 1 8 の存在により基板 P の露光が適切に行われないと判断したら、制御装置 C O N T は、例えば露光処理動作を中断したり、あるいは表示装置 D S や不図示の警報装置を駆動して、許容範囲以上（しきい値以上）の気泡が存在する旨を通知したり、あるいは基板 P 上における気泡 1 8 の位置情報を表示装置 D S で表示する等の処置を施す（ステップ S 7）。

#### 【 0 0 4 4 】

ここで、図 6 に示すように、基板 P 上の複数のショット領域 S H のそれぞれについて露光する場合について考える。この場合、ステップ S 6 において気泡 1 8 が上記しきい値以上であると判断した場合でも、制御装置 C O N T は露光処理を継続する。このとき、制御装置 C O N T は、基板 P 上の複数のショット領域 S H のそれぞれの露光中に気泡検出器 2 0 による気泡 1 8 の検出を行い、上記しきい値情報とレーザ干渉計による気泡の位置情報とを参照し、複数のショット領域 S H のうち気泡 1 8 によりパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域 S H ' を記憶装置 M R Y に記憶する（ステップ S 8）。

そして、露光処理終了後において、記憶装置 M R Y に記憶した情報に基づいて、複数のショット領域 S H のうちパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域 S H ' は、その後続く、別のレイヤの露光処理から除外されたり、レジストをつけ直して再露光される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 5 】

本実施形態においては、複数の検出光のうち、基板 P 上の投影領域 P A には検出光 L 1 が投射され、Y 軸方向の両側境界部に対して検出光 L e が投射されている。したがって、この検出光 L 1 や L e の受光系 2 2 での受光結果に基づいて、空間 5 6 に液体 5 0 が満たされているかどうかを判断することができる。例えば、基板 P 上の投影領域 P A の境界部付近で液体 5 0 の剥離などの不都合が生じて空間 5 6 の一部に液体 5 0 が配置されていない状態が生じると、検出光 L e の光路が変化して受光系 2 2 に受光されず、非入射状態となる。したがって、制御装置 C O N T は、検出光 L e を受光した受光部 2 2 A の受光結果に基づいて、空間 5 6 に液体 5 0 が満たされているかどうかを判断することができる。また、例えば、液体供給装置 1 が何らかの原因で動作不能となり、投影光学系 P L と基板 P との間の液体 5 0 が切れてしまう（無くなってしまう）場合も考えられる。この場合においても、検出光 L 1 の光路が変化して受光部 2 2 A に対して非入射状態となる。制御装置 C O N T は、受光部 2 2 A の受光結果に基づいて、空間 5 6 の液体が切れるのを検出することができる。このように、気泡検出器 2 0 は、投影光学系 P L と基板 P との間の液体 5 0 が切れるのを検出する液切検出装置としての機能も有する。

10

## 【 0 0 4 6 】

この場合においても、制御装置 C O N T は、基板 P 上の複数のショット領域 S H のそれぞれの露光中に液切検出装置 2 0 による液切れの検出を行い、レーザ干渉計の位置計測結果に基づいて、複数のショット領域 S H のうち露光中に液切れが生じたショット領域（不良ショット領域）S H' を記憶装置 M R Y に記憶する。そして、露光処理終了後において、記憶装置 M R Y に記憶した情報に基づいて、複数のショット領域 S H のうち液切れに起因してパターンの像の結像が適切に行われなかったショット領域 S H' を、その後に行われる別レイヤの露光処理から除外したり、レジストをつけ直して再露光を行う。

20

## 【 0 0 4 7 】

なお、上述した液切検出装置は、液切れが生じているかどうかを光学的に検出する構成であるが、例えば、液体供給装置 1 の供給管 3 や供給ノズル 4 に設けた流量計（流量検出装置）により液切検出装置を構成してもよい。流量検出装置は、空間 5 6 に供給される液体 5 0 の単位時間当たりの液体流量を検出し、制御装置 C O N T に検出結果を出力する。制御装置 C O N T は流量検出装置の検出結果に基づいて、液体の流量が所定値以下である場合、液切れが生じていると判断する。

30

## 【 0 0 4 8 】

また、気泡のような小さい気体部分だけでなく、比較的大きな気体の空間（気体部分）が液体中に発生してしまう場合や、液体供給装置 1 から液体の供給を開始したときに、投影光学系 P L の像面側に気体が残ってしまう場合も考えられる。こうした場合にも、検出光 L 1 が受光部 2 2 A に対して非入射状態となるため、受光部 2 2 A の受光結果に基づいて、投影光学系 P L の像面側の気体部分の有無を検出することができる。このように、気泡検出器 2 0 は、液体中の気泡の検出だけでなく、投影光学系 P L と基板 P との間の気体部分の有無を検出する機能も有する。

## 【 0 0 4 9 】

以上説明したように、投影光学系 P L と基板 P との間の空間 5 6 に満たされた液体 5 0 中の気泡 1 8 を検出する気泡検出器 2 0 を設けたので、パターン転写精度に大きく影響するこの空間 5 6 での気泡 1 8 の情報を検出することで良好な生産性を維持するための適切な処置を施すことができる。そして、気泡が存在した場合には、気泡検出結果に基づいてパターンが適切に転写されたかどうかを判断することで、例えばパターンが適切に転写されたショット領域に対応するデバイスのみを製品として用いたり、あるいは露光処理を一旦中断して気泡を除去するための処理を施すといった処置を施すことができる。

40

## 【 0 0 5 0 】

なお、本実施形態では、基板 P の表面に付着している気泡 1 8 を検出する場合について説明したが、液体 5 0 中に気泡が浮遊している場合においても、この浮遊している気泡に検出光が照射されることにより受光系 2 2 で受光される光の強度が変化するので、液体 5

50

0 中に浮遊している気泡の量を検出することも可能である。また、浮遊している気泡を検出した検出光と、基板 P に付着している気泡を検出した検出光とでは受光部 22B、22C に受光される光の強度が異なるので、検出した気泡が浮遊しているものか基板 P に付着しているものかを受光部 22B、22C の受光結果に基づいて判別することも可能である。また、検出光を投影光学系 PL の下面 7 に対して照射することにより、この投影光学系 PL の下面 7 に付着している気泡に関する情報を検出することもできる。また、投射系 21 からの検出光の一部を基板 P の表面位置の検出に用いてもよい。

#### 【 0051 】

なお、本実施形態では、投射系 21 は基板 P の走査方向と離れた方向から基板 P に対して XZ 平面と平行に検出光を投射することにより、検出精度の向上を図っているが、基板 P に対して YZ 平面と平行に検出光を投射する構成とすることもできる。また、本実施形態では、基板 P に対して Y 軸方向に複数並んだスポット光（検出光）を照射するように説明したが、例えば 1 つのスポット光を Y 軸方向に走査しつつ、このスポット光に対して基板 P を X 軸方向に走査するようにしてもよい。あるいは、Y 軸方向に延びるスポット光を基板 P に投射するようにしてもよい。このような構成であっても、基板 P 表面の所定の領域に対する気泡検出動作を行うことができる。

#### 【 0052 】

また、上述の実施形態においては、基板 P 上に液浸領域を形成する場合について説明したが、特開 2002-14005 号公報、特開平 11-16816 号公報、特開昭 57-117238 号公報、特開平 11-238680 号公報、特開 2000-97916 号公報、特開平 4-324923 号公報などに開示されているような、基板ステージ PST（Z ステージ 51）上の各種計測部材やセンサを用いる場合にも、投影光学系 PL の像面側を液体で満たすことが考えられる。こうした計測部材やセンサで液体を介して計測を行うときに、投影光学系 PL の像面側に気体部分（液中の気泡など）が存在すると計測誤差となってしまうおそれがある場合には、気泡検出器 20 を使って気体部分の有無などを検出するようにしてもよい。

#### 【 0053 】

次に、本発明の別の実施形態について図 8 を参照しながら説明する。以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。

図 8 は、投影光学系 PL の先端部近傍を示す側面図である。図 8 において、投影光学系 PL の先端部の光学素子 60 と基板 P との間には液体 50 が満たされており、基板 P 上には液体 50 の液浸領域 AR が形成されている。なお図 8 には、基板 P 上に液体 50 を供給する供給ノズル 4 及び基板 P 上の液体 50 を回収する回収ノズル 5 は図示されていない。

#### 【 0054 】

なお、本実施形態の以下の説明においては、基板 P が投影光学系 PL の光学素子 60 と対向している場合について説明するが、特開 2002-14005 号公報、特開平 11-16816 号公報、特開昭 57-117238 号公報、特開平 11-238680 号公報、特開 2000-97916 号公報、特開平 4-324923 号公報などに開示されているような、基板ステージ PST（Z ステージ 51）上の各種計測部材やセンサが投影光学系 PL の光学素子 60 に対向している場合も同様である。

#### 【 0055 】

露光装置 EX は、基板 P の面位置情報を検出するフォーカス検出系 70 を備えている。フォーカス検出系 70 は、投影光学系 PL の投影領域 PA を挟んでその両側にそれぞれ設けられている投射系 71 と受光系 72 とを有し、投射系 71 から基板 P 上の液体 50 を介して基板 P 表面（露光面）に斜め方向から検出光 La を投射し、基板 P 上で反射した検出光（反射光）La を受光系 72 で受光する。制御装置 CONT は、フォーカス検出系 70 の動作を制御するとともに、受光系 72 の受光結果に基づいて、所定基準面に対する基板 P 表面の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）及び傾きを検出する。なお図 8 に示す例では、投射系 71 及び受光系 72 は投影領域 PA を挟んで ±X 側のそれぞれにおいて投

影領域 PA に対して離れた位置に設けられているが、投射系 7 1 及び受光系 7 2 は投影領域 PA を挟んで ±Y 側のそれぞれに設けられてもよい。

【 0 0 5 6 】

フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 は複数の投射部を有し、図 9 に示す模式図のように、基板 P 上に複数の検出光 L a を投射する。また受光系 7 2 は前記複数の投射部に応じた複数の受光部を有している。これにより、フォーカス検出系 7 0 は、基板 P 表面における例えばマトリクス状の複数の各点（各位置）での各フォーカス位置を求めることができ、求めた複数の各点でのフォーカス位置に基づいて、基板 P の傾斜方向の姿勢を求めることができる。なお、フォーカス検出系 7 0 の構成としては、例えば特開平 8 - 3 7 1 4 9 号公報に開示されているものを用いることができる。制御装置 CONT は、フォーカス検出系 7 0 の検出結果に基づいて、基板ステージ駆動装置 PST D を介して基板ステージ P S T の Z ステージ 5 1（図 1 参照）を駆動することにより、Z ステージ 5 1 に保持されている基板 P の Z 軸方向における位置（フォーカス位置）、及び  $\theta$  X、 $\theta$  Y 方向における位置を制御する。すなわち、Z ステージ 5 1 は、フォーカス検出系 7 0 の検出結果に基づく制御装置 CONT からの指令に基づいて動作し、基板 P のフォーカス位置（Z 位置）及び傾斜角を制御して基板 P の表面（露光面）を投影光学系 PL 及び液体 5 0 を介して形成される像面に合わせ込む。

10

【 0 0 5 7 】

図 8 に戻って、投影光学系 PL の先端部近傍には、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a を透過可能な第 1 光学部材 8 1 と、基板 P 上で反射した検出光 L a を透過可能な第 2 光学部材 8 2 とが設けられている。第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 は、投影光学系 PL 先端の光学素子 6 0 とは分離した状態で支持されており、第 1 光学部材 8 1 は光学素子 6 0 の - X 側に配置され、第 2 光学部材 8 2 は光学素子 6 0 の + X 側に配置されており、露光光 E L の光路及び基板 P の移動を妨げない位置において、液浸領域 AR の液体 5 0 に接触可能な位置に設けられている。

20

【 0 0 5 8 】

そして、図 8 に示すように、基板 P の露光処理中においては、投影光学系 PL を通過した露光光 E L の光路、つまり光学素子 6 0 と基板 P（基板 P 上の投影領域 PA）との間の露光光 E L の光路が全て液体 5 0 で満たされるように、液体供給装置 1（図 1 参照）から液体 5 0 が基板 P 上に供給される。また、光学素子 6 0 と基板 P との間の露光光 E L の光路の全てが液体 5 0 で満たされ、基板 P 上において液浸領域 AR が投影領域 PA の全てを覆うように所望状態に形成されたとき、その液浸領域 AR を形成する液体 5 0 は第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 の端面のそれぞれに密着（接触）するようになっている。基板 P 上に液浸領域 AR が形成され、液体 5 0 が第 1 光学部材 8 1 及び第 2 光学部材 8 2 の端面のそれぞれに密着している状態においては、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a 及びその基板 P 上での反射光 L a の光路のうち第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間の光路は全て液体 5 0 で満たされる。また、検出光 L a の光路の全てが液体 5 0 で満たされた状態のとき、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、基板 P 上の投影光学系 PL の投影領域 PA に照射されるように設定されている。

30

なお、投影領域 PA の外側、特に投影領域 PA に対して基板 P の走査方向（X 軸方向）に離れた位置に照射される検出光があってもよい。

40

【 0 0 5 9 】

液浸領域 AR が所望状態で形成され、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間における検出光 L a の光路の全てが液体 5 0 で満たされた状態においては、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a は、散乱や屈折などを生じることなく、第 1 光学部材 8 1 及び液浸領域 AR の液体 5 0 を通過して基板 P（投影領域 PA）に所望状態で照射され、その反射光 L a は、液浸領域 AR の液体 5 0 及び第 2 光学部材 8 2 を通過して受光系 7 2 に所望状態で受光される。換言すれば、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から射出された検出光 L a が受光系 7 2 に受光されるとき、液浸領域 AR は所望状態に形

50

成されている。このように、フォーカス検出系 70 の受光系 72 の出力に基づいて、検出光  $L_a$  の光路中の全てが液体 50 で満たされているか否かを光学的に検出することができる。

#### 【 0060 】

また上述したように、液浸領域 AR が所望状態で形成されている状態においては、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された検出光  $L_a$  は、投影光学系 PL の投影領域 PA に照射されるようになっており、投影領域 PA を含む露光光 EL の光路の少なくとも一部を通過するようになっており、したがって、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 EL の光路が液体 50 で満たされているか否かを光学的に検出することができる。

10

#### 【 0061 】

なおここでは、第 1 光学部材 81 と第 2 光学部材 82 とは互いに独立した部材であるように説明したが、例えば投影光学系 PL の先端部の光学素子 60 を囲むように環状の光学部材を配置し、その環状の光学部材の一部に検出光を照射し、液浸領域 AR 及び基板 P 表面を通過した検出光を、環状の光学部材を介して受光するようにしてもよい。光学部材を環状に設けて液浸領域 AR の液体 50 を環状の光学部材の内側面に密着させることにより液浸領域 AR の形状を良好に維持することができる。また本実施形態においては、第 1 光学部材 81 及び第 2 光学部材 82 は投影光学系 PL に対して分離しているが、投影光学系 PL の光学素子 60 と一体で設けられていてもよい。

#### 【 0062 】

なお、上記第 1、第 2 光学部材 81、82 の端面である液体接触面や、上記環状の光学部材の液体接触面を例えば親液化処理して親液性とすることにより、液浸領域 AR の液体 50 は光学部材の液体接触面に密着し易くなるため、液浸領域 AR の形状を維持し易くなる。

20

#### 【 0063 】

図 10 は、液浸領域 AR の液体 50 中に気泡 18 が存在している状態を示す図である。図 10 に示すように、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された複数の検出光  $L_a$  のうち、気泡 18 に当たった検出光  $L_a$  は散乱や屈折などを生じる。したがって、気泡 18 に当たった検出光  $L_a$  は、受光系 72 に光量を低下した状態で受光されるか、あるいはその光路を変化させるため受光されない。つまり、液体 50 中に気泡（気体部分）18 がある場合、受光系 72 に受光される光強度が変化（低下）する。したがって、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 EL の光路上に形成された液浸領域 AR の液体 50 中に存在する気泡（気体部分）18 を光学的に検出することができる。そして、液浸領域 AR は露光光 EL の光路上に形成されるものであり、検出光  $L_a$  は露光光 EL の光路の一部である投影領域 PA を照射する構成であるため、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 EL の光路中における気泡（気体部分）の有無、すなわち露光光 EL の光路が液体 50 で満たされているか否かを検出することができる。更に、フォーカス検出系 70 は、液体 50 のうち検出光  $L_a$  の光路中の気泡（気体部分）を検出することができる。

30

#### 【 0064 】

ここで、気泡 18 とは、図 10 中、液体 50 中を浮遊している気泡 18A、第 1 光学部材 81 の端面（液体接触面）に付着している気泡 18B、第 2 光学部材 82 の端面（液体接触面）に付着している気泡 18C、及び基板 P 上に付着している気泡（不図示）を含む。このように、液浸領域 AR の液体 50 中に気泡 18 が存在する場合、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された検出光  $L_a$  は、散乱や屈折などを生じ、受光系 72 に対する光量（受光量）を変化させるか、あるいはその光路を変化させて受光系 72 に受光されない（符号  $L_b$  参照）、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、露光光 EL の光路上に設けられている液浸領域 AR の液体 50 中の気体部分（気泡）の有無を検出することができる。

40

#### 【 0065 】

50

そして、本実施形態においては、フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、検出光 L a の光路中の気泡 18 を検出する構成であるため、基板 P 上に付着している気泡や第 1、第 2 光学部材 81、82 に付着している気泡 18 (18 B、18 C) はもちろん、液浸領域 A R を形成する液体 50 中を浮遊している気泡 18 (18 A) も検出することができる。そのため、検出光 L a の光路上であれば、液浸領域 A R の液体 50 のうち露光光 E L の光路以外の位置に存在する気泡 18 も検出することができる。そして、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 70 を使って基板 P の面位置情報を検出しつつ露光処理を行うため、フォーカス検出系 70 は、基板 P の露光処理中に検出光 L a を投射し、露光光 E L の光路上の液体 50 中の気体部分の有無や、検出光 L a の光路中の気体部分の有無を検出することができる。もちろん、フォーカス検出系 70 は、露光処理以外のタイミ  
10

#### 【 0 0 6 6 】

また、フォーカス検出系 70 は、検出光 L a の光路上であれば、液浸領域 A R の液体 50 のうち露光光 E L の光路以外の位置に存在する気泡 18 も検出することができるため、例えば走査露光中において露光光 E L の光路以外の位置に存在する気泡 18 が基板 P の移動に伴って液体 50 中を移動して露光光 E L の光路上に配置されたり基板 P や光学素子 60 に付着する可能性があっても、フォーカス検出系 70 によって、露光光 E L の光路以外の位置に存在する気泡 18 が露光光 E L の光路上に配置されたり、基板 P や光学素子 60 に付着する前に、その気泡 18 を検出することができる。したがって、露光処理中において、例えば液体 50 中を浮遊していた気泡 18 が露光光 E L の光路上や基板 P 上に配置さ  
20

#### 【 0 0 6 7 】

また、フォーカス検出系 70 の投射系 71 は複数の検出光 L a を基板 P 上のマトリクス状の各点に照射するため、受光系 72 に受光される複数の検出光 L a それぞれの光強度 (受光量) に基づいて、フォーカス検出系 70 は気泡 18 の位置情報を求めることができる。ここで、複数の検出光 L a それぞれの照射位置情報は設計値に基づいて特定される。したがって、制御装置 C O N T は、複数の検出光 L a のうち受光系 72 の各受光部に入射する光強度を低下させた検出光 L a の照射位置情報、あるいはその検出光 L a に対応する受  
30

#### 【 0 0 6 8 】

また、図 11 の模式図に示すように、投影光学系 P L の光学素子 60 と基板 P との間に液体 50 が十分に満たされずに液体 50 の一部が切れて液浸領域 A R が所望状態で形成されない状況が発生し、露光光 E L の光路中に気体領域 A G が生成される可能性があるが、フォーカス検出系 70 は、その気体領域 A G の有無を検出することもできる。なお気体領域 A G は、例えば基板 P の移動に伴う液体 50 の剥離や液体供給装置 1 の動作不良などによって生じる。図 11 に示す例では、気体領域 A G は第 2 光学部材 82 近傍に形成されており、液浸領域 A R の液体 50 は第 2 光学部材 82 の端面に密着 (接触) していない。この場合においても、フォーカス検出系 70 の投射系 71 から射出された検出光 L a は、液浸領域 A R の液体 50 と気体領域 A G との界面で散乱や屈折などを生じ、受光系 72 に光量を低下した状態で受光されるか、あるいは受光されない。フォーカス検出系 70 は、受光系 72 の出力に基づいて、液浸領域 A R のうち露光光 E L の光路中の気体領域 A G の有無、すなわち露光光 E L の光路が液体 50 で満たされているか否かを検出することができる。また、この場合においても、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 70 を使って基板 P の面位置情報を検出しつつ露光処理を行うため、そのフォーカス検出系 70 (受光系 72) の出力に基づいて、基板 P の露光中に露光光 E L の光路中の気体部分の有無や検出光 L a の光路中の気体部分の有無を検出することができる。そして、露光処理中に気体領  
40  
50

域 A G をフォーカス検出系 7 0 で検出した場合には、制御装置 C O N T は、そのフォーカス検出系 7 0 の出力に基づいて、例えば露光動作を停止したり、液体供給装置 1 による液体供給量や液体回収装置 2 による液体回収量を調整して液浸領域 A R を所望状態に形成する等の適切な処置を施すことができる。

#### 【 0 0 6 9 】

ところで、基板 P を液浸露光処理する際には、図 1 2 ( a ) の模式図に示すように、基板 P を基板ステージ P S T にロードした後、露光処理を開始する前に、液体供給装置 1 及び液体回収装置 2 を駆動することで基板 P 上に液浸領域 A R を形成する液浸領域形成動作が行われる。このとき、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 より検出光 L a を基板 P に照射しつつ露光処理前の液浸領域形成動作を行うことにより、そのフォーカス検出系 7 0 ( 受光系 7 2 ) の出力に基づいて、基板 P の露光開始の適否を判断することができる。すなわち、露光処理前の液浸領域形成動作において、図 1 2 ( b ) に示すように、液浸領域 A R が未だ十分に形成されずに気体領域 A G がある場合、受光系 7 2 に達する検出光 L a の光強度は低下するので、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の受光系 7 2 の出力に基づいて、液浸領域 A R は未だ十分に形成されていないと判断し、液浸露光処理を開始することは不適切であると判断する。そして、制御装置 C O N T は、液浸領域 A R が所望状態に形成されるまで液浸領域形成動作を継続し、場合によっては液体供給装置 1 の液体供給量や液体回収装置 2 の液体回収量を変更したり基板 P の位置を動かす等の液浸領域形成動作条件を変更する。そして、図 1 2 ( c ) に示すように、液浸領域 A R が十分に形成されて、第 1 光学部材 8 1 と第 2 光学部材 8 2 との間の検出光 L a の光路が液体 5 0 で満たされた状態となると、投影光学系 P L の光学素子 6 0 と基板 P との間の露光光 E L の光路も液体 5 0 で満たされたことになる。この状態においては、投射系 7 1 から射出された検出光 L a は受光系 7 2 に所定の光強度で入射するので、制御装置 C O N T は、フォーカス検出系 7 0 の受光系 7 2 の出力に基づいて、液浸領域 A R が形成されたと判断し、液浸露光処理を開始することは適切であると判断する。液浸露光処理を開始することは適切であると判断した制御装置 C O N T は、露光光 E L の照射を開始して露光処理を行う。

#### 【 0 0 7 0 】

ところで、上述したように、基板 P の露光中において、フォーカス検出系 7 0 によって露光光 E L の光路を含む液浸領域 A R 中に気泡 1 8 や気体領域 A G 等の気体部分が検出された場合、制御装置 C O N T はその基板 P の露光処理を停止する等の処置を行うが、露光光 E L の光路上に液体 5 0 が満たされているにも係わらず、検出光 L a が受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない状況が発生することが考えられ、その場合、液浸露光処理可能であるにも係わらず、露光処理を停止してしまう不都合が生じる。例えば図 1 3 の模式図に示すように、フォーカス検出系 7 0 の投射系 7 1 から投射された複数の検出光 L a 1 ~ L a 5 のうち、基板 P のエッジ部 E と基板 P の周りに設けられたプレート部材 5 7 との間の隙間 5 8 に照射された検出光 L a 3 は、散乱や屈折などを生じて受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない可能性がある。ここで、プレート部材 5 7 は基板 P に同心状に設けられた環状部材であって、プレート部材 5 7 の上面と基板 P の上面とはほぼ面一となっており、このプレート部材 5 7 によって、基板 P のエッジ部 E 近傍を液浸露光する際にも投影光学系 P L の光学素子 6 0 の下に液体 5 0 を保持して液浸領域 A R の形状を維持できるようになっている。そして、基板 P とプレート部材 5 7 との間に隙間 5 8 が形成されているが、その隙間 5 8 に照射された検出光 L a 3 は、液浸領域 A R が良好に形成されているにも係わらず、受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない可能性があり、制御装置 C O N T は、受光系 7 2 の出力に基づいて露光処理を停止してしまう不都合が生じる。また、プレート部材 5 7 が設けられていない構成も考えられるが、その場合、基板 P と基板ステージ P S T ( Z ステージ 5 1 ) との間に段差が形成され、エッジ部 E 近傍の基板 P 上には液浸領域 A R が形成されているにも係わらず、基板 P の外側に照射される検出光 L a 3 、 L a 4 、 L a 5 などが受光系 7 2 に所定の光強度で受光されない可能性がある。

#### 【 0 0 7 1 】

その場合、制御装置CONTは、基板Pを支持する基板ステージPSTの位置を計測するレーザ干渉計55（図1参照）の計測結果と、レーザ干渉計55で規定されるステージ座標系での基板Pのエッジ部E（隙間58）の位置情報とに基づいて、露光動作を制御する。具体的には、例えば露光処理前のアライメント処理時などにおいて、制御装置CONTは前記ステージ座標系での基板Pのエッジ部E（隙間58）の位置情報を予め求めて記憶装置MRYに記憶しておく。そして、制御装置CONTは、レーザ干渉計55により基板Pの位置情報を計測しつつ露光処理する。露光処理中において、制御装置CONTは、隙間58を含む基板Pのエッジ部E近傍に検出光Laが照射されているか否かを、記憶装置MRYに記憶されている基板Pのエッジ部Eの位置情報を参照することで判断する。そして、例えば隙間58に検出光Laが照射されていると判断したときに、受光系72に受光される検出光Laの光量が低下したりあるいは受光されない状況が生じてても、制御装置CONTは、受光系72の出力を無視し、露光処理を継続する。こうすることにより、液浸露光処理が良好に行われているにも係わらず露光処理を停止してしまうといった不都合を回避できる。

#### 【0072】

図14は、本発明の別の実施形態を示す図である。本実施形態の特徴的な部分は、フォーカス検出系70の検出光Laを透過可能な光学部材81、82が投影光学系PLの光学素子60と一体で設けられている点である。そして、フォーカス検出系70の投射系71から射出される複数の検出光Laのうち一部又は全部の検出光Laは、投影光学系PLを構成する複数の光学素子のうち一部（先端部）の光学素子60を通過するように設けられており、フォーカス検出系70は、その光学素子60を介して検出光Laを基板P上に投射する。このような構成によっても、フォーカス検出系70は、露光光ELの光路中の気体部分の有無を検出することができる。また、図14に示す例では、光学部材81、82の下端面（液体接触面）のそれぞれは、XY平面に略平行な平坦面となっており、光学素子60の先端面（下端面）とほぼ面一となっている。そして、液浸領域ARの液体50は、光学部材81、82の下端面及び光学素子60の下端面に密着するように設けられ、投影光学系PLと基板Pとの間において、広い領域に液浸領域ARが形成される。

#### 【0073】

そして、図15に示すように液浸領域ARの液体50中に気泡18が存在する場合には、上記実施形態同様、投射系71から射出された検出光Laは気泡18に当たって散乱などするため、光強度を低下した状態で受光系72に受光される。したがって、フォーカス検出系70は、受光系72の出力に基づいて、液浸領域ARのうち露光光ELの光路中や検出光Laの光路中における気泡（気体部分）18の有無を検出することができる。

#### 【0074】

なおこの場合においても、光学部材81、82のそれぞれは互いに独立した部材であってもよいし、投影光学系PLの先端部の光学素子60を囲むように環状に一体で形成されてもよい。

#### 【0075】

上述したように、本実施形態における液体50は純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトレジストや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

#### 【0076】

そして、波長が193nm程度の露光光ELに対する純水（水）の屈折率nはほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光（波長193nm）を用いた場合、基板P上では1/n、すなわち約134nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空気中に比べて約n倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空気中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 7 7 】

本実施形態では、投影光学系 P L の先端にレンズ 6 0 が取り付けられているが、投影光学系 P L の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 P L の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 E L を透過可能な平行平板であってもよい。液体 5 0 と接触する光学素子を、レンズより安価な平行平板とすることにより、露光装置 E X の運搬、組立、調整時等において投影光学系 P L の透過率、基板 P 上での露光光 E L の照度、及び照度分布の均一性を低下させる物質（例えばシリコン系有機物等）がその平行平板に付着しても、液体 5 0 を供給する直前にその平行平板を交換するだけでよく、液体 5 0 と接触する光学素子をレンズとする場合に比べてその交換コストが低くなるという利点がある。すなわち、露光光 E L の照射によりレジストから発生する飛散粒子、または液体 5 0 中の不純物の付着などに起因して液体 5 0 に接触する光学素子の表面が汚れるため、その光学素子を定期的に交換する必要があるが、この光学素子を安価な平行平板とすることにより、レンズに比べて交換部品のコストが低く、且つ交換に要する時間を短くすることができ、メンテナンスコスト（ランニングコスト）の上昇やスループットの低下を抑えることができる。

## 【 0 0 7 8 】

また、液体 5 0 の流れによって生じる投影光学系 P L の先端の光学素子と基板 P との間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

## 【 0 0 7 9 】

なお、本実施形態では、投影光学系 P L と基板 P 表面との間は液体 5 0 で満たされている構成であるが、例えば基板 P の表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体 5 0 を満たす構成であってもよい。そして、本実施形態では、このカバーガラスも投影光学系 P L の一部を構成する。すなわち、本実施形態において、マスク M と基板 P との間における露光光 E L の光路上に存在する全ての光学素子を投影光学系とする。

## 【 0 0 8 0 】

なお、本実施形態の液体 5 0 は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 E L の光源が F<sub>2</sub> レーザである場合、この F<sub>2</sub> レーザ光は水を透過しないので、この場合、液体 5 0 としては F<sub>2</sub> レーザ光を透過可能な例えば過フッ化ポリエーテル（P F P E）やフッ素系オイルであってもよい。また、液体 5 0 としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L や基板 P 表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。

## 【 0 0 8 1 】

なお、上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば先端部 6 0 A の長辺について 2 対のノズルで液体 5 0 の供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+ X 方向、又は - X 方向のどちらの方向からも液体 5 0 の供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

## 【 0 0 8 2 】

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

## 【 0 0 8 3 】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 P L と基板 P との間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平 6 - 1 2 4 8 7 3 号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平 1 0 - 3 0 3 1 1 4 号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 4 】

露光装置 E X としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキヤニングステッパ）の他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

## 【 0 0 8 5 】

また、本発明は、特開平 1 0 - 1 6 3 0 9 9 号公報、特開平 1 0 - 2 1 4 7 8 3 号公報、特表 2 0 0 0 - 5 0 5 9 5 8 号公報などに開示されているツインステージ型の露光装置にも適用できる。 10

## 【 0 0 8 6 】

露光装置 E X の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（C C D）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

## 【 0 0 8 7 】

基板ステージ P S T やマスクステージ M S T にリニアモータ（USP5, 623, 853 または USP5, 528, 118 参照）を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージ P S T、M S T は、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。 20

## 【 0 0 8 8 】

各ステージ P S T、M S T の駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージ P S T、M S T を駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージ P S T、M S T に接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージ P S T、M S T の移動面側に設ければよい。

## 【 0 0 8 9 】

基板ステージ P S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、特開平 8 - 1 6 6 4 7 5 号公報（USP5, 528, 118）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。 30

マスクステージ M S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、特開平 8 - 3 3 0 2 2 4 号公報（US S/N 08/416, 558）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

## 【 0 0 9 0 】

以上のように、本願実施形態の露光装置 E X は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。 40

## 【 0 0 9 1 】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 1 6 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 2 0 1、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を 50

製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】投影光学系の先端部と液体供給装置及び液体回収装置との位置関係を示す図である。

【図3】供給ノズル及び回収ノズルの配置例を示す図である。

10

【図4】気泡検出器を示す平面図である。

【図5】気泡検出手順の一例を示すフローチャート図である。

【図6】基板上のショット領域を示す平面図である。

【図7】気泡検出器の検出光を説明するための図である。

【図8】本発明に係る気体検出系の一実施形態を示す図である。

【図9】本発明に係る気体検出系を説明するための模式図である。

【図10】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

【図11】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

【図12】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

【図13】本発明に係る気体検出系を説明するための模式図である。

20

【図14】本発明に係る気体検出系の一実施形態を示す図である。

【図15】本発明に係る気体検出系による気体部分検出動作を示す図である。

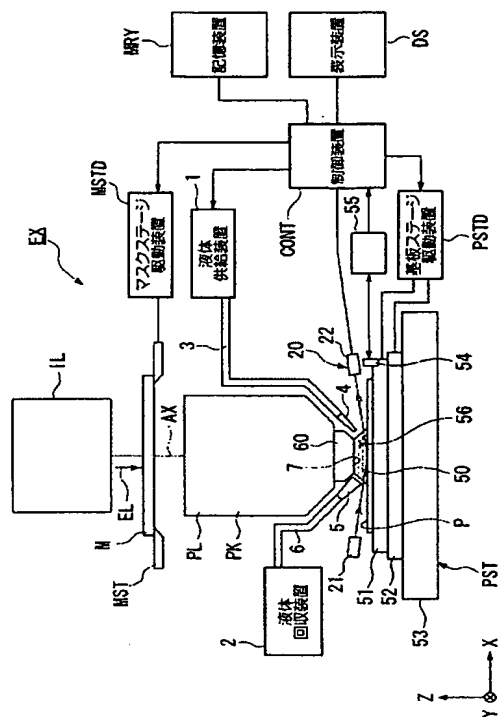
【図16】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

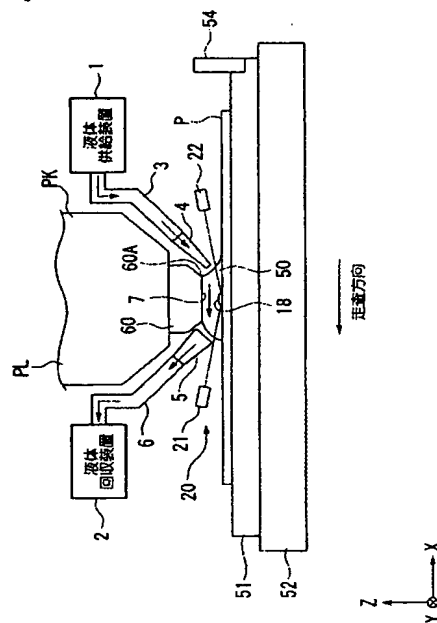
【0093】

1…液体供給装置、2…液体回収装置、20…気泡検出器（液切検出装置）、  
21…投射系、22…受光系、50…液体、56…空間、CONT…制御装置、  
EX…露光装置、PL…投影光学系、P…基板

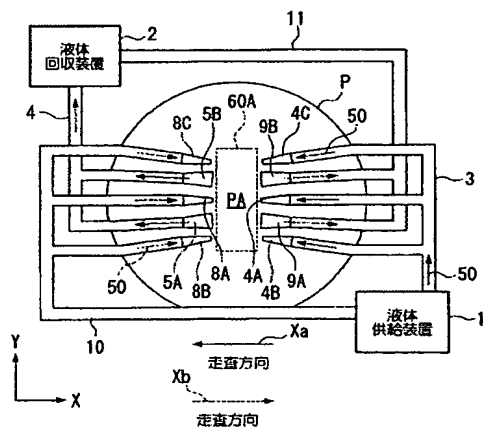
【 図 1 】



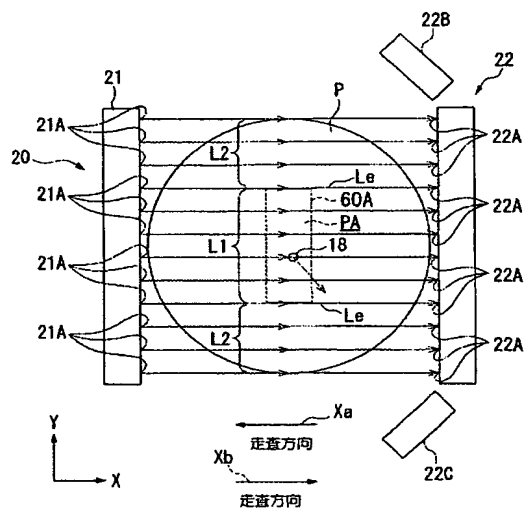
【 図 2 】



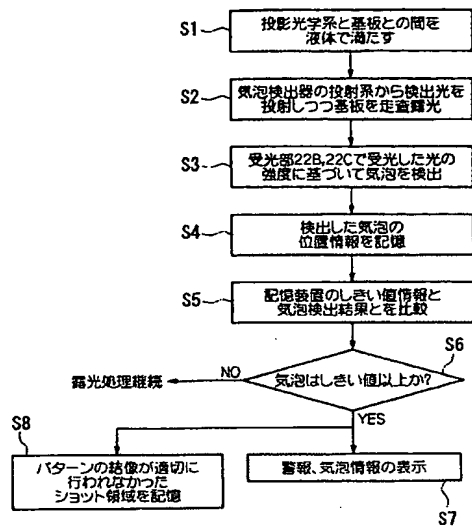
【 図 3 】



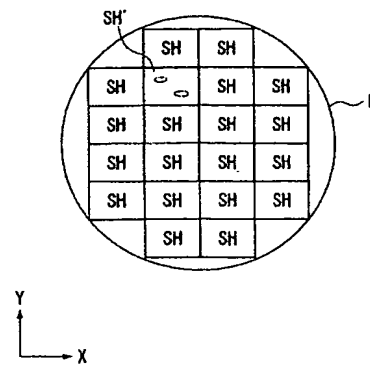
【 図 4 】



【 図 5 】

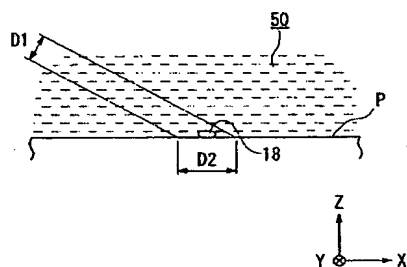


【图 6】

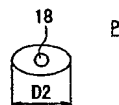


【图 7】

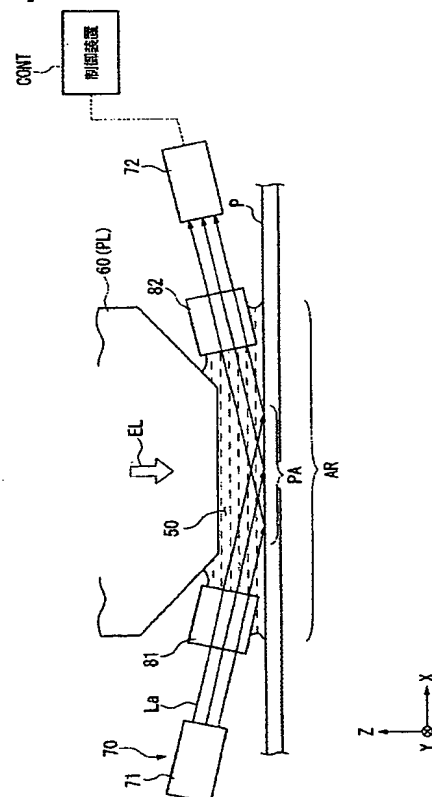
(a)



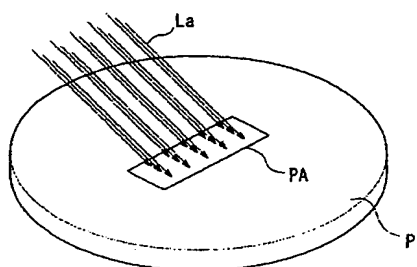
(b)



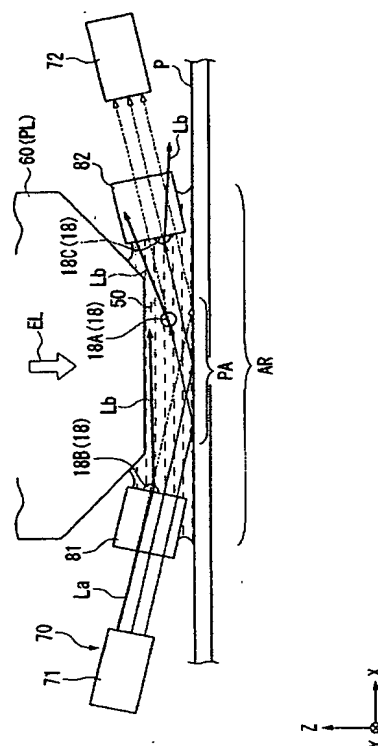
【 図 8 】



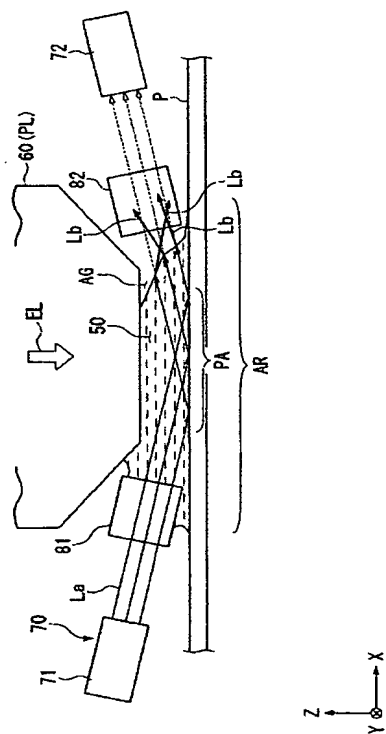
【图 9】



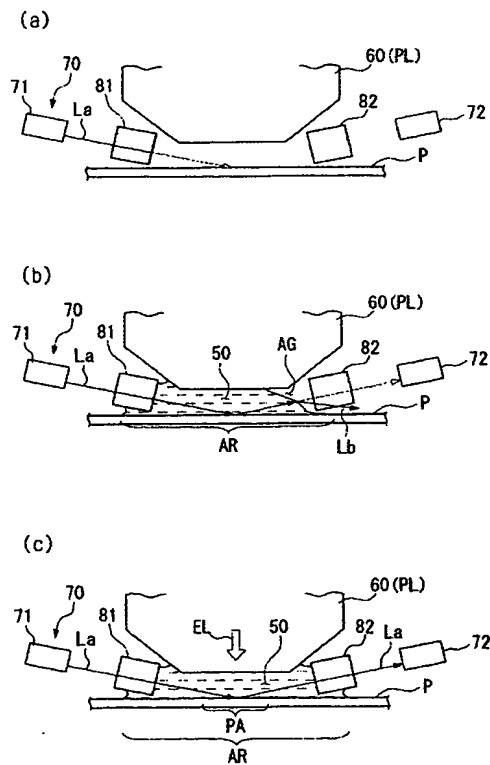
【 図 1 0 】



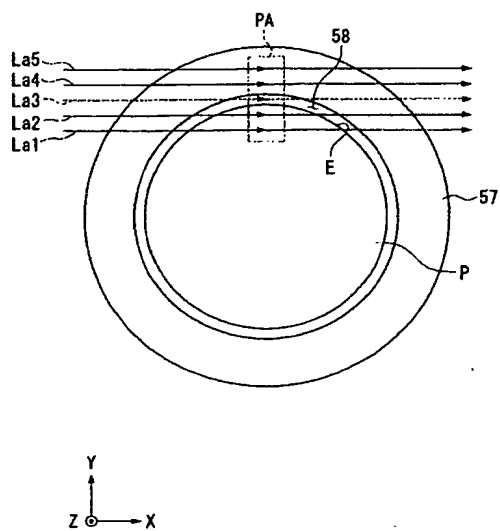
【 図 1 1 】



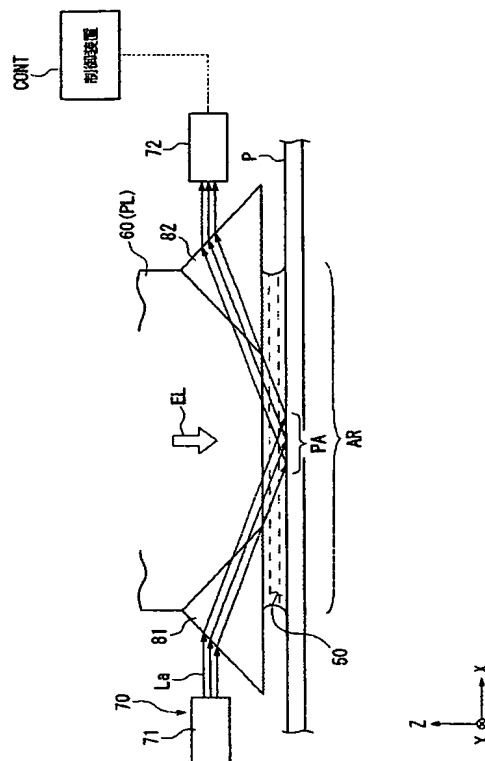
【 図 1 2 】



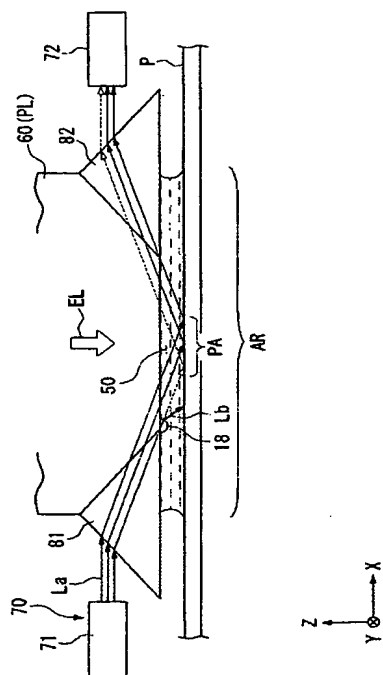
【 図 1 3 】



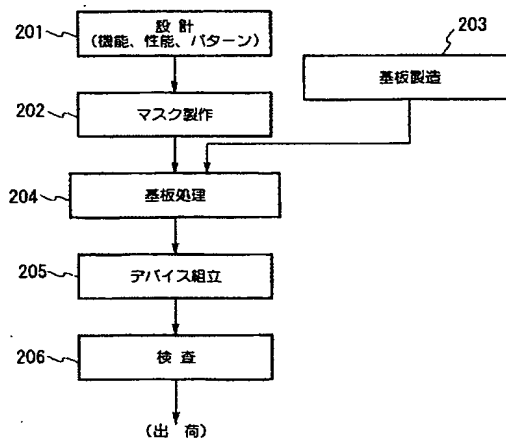
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 馬込 伸貴

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内

F ターム(参考) 2G051 AA48 AB02 AB06 AB20 BA20 BB05 CA03 CA04 CB05 EA14

2G059 AA05 BB04 CC20 EE02 EE09 GG10 KK01 MM10

5F046 AA17 BA03 CB01 CB25 DB14